

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

Josef Jiraň

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta
Katedra zemědělské techniky

Studijní program: Zemědělská specializace
Studijní obor: Dopravní a manipulační technika

ANALÝZA HLUKU DOPRAVNÍCH ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA DOPRAVNÍM PROSTŘEDÍ

Vedoucí bakalářské práce
Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor
Josef Jiraň

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef JIRAŇ**
Osobní číslo: **Z08467**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravním prostředí.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je provedení analýzy hluku pozemních dopravních zařízení v závislosti na charakteru dopravní trasy, prostředí a druhu dopravních zařízení. Na jejím základě vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí a návrh protihlukových opatření.

Metodický postup:

1. Provést analýzu dopravních zařízení (silničních motorových vozidel);
2. Provést analýzu dopravního prostředí a dopravních tras;
3. Na základě výše uvedených analýz provést výběr vhodných dopravních zařízení pro měření a míst měření hluku;
4. Provést analýzu faktorů, které se významně podílejí na emisích hluku;
5. Stanovit metodiku měření na základě studia příslušných norem a předpisů;
6. Na základě provedených analýz vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí a návrh protihlukových opatření;

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 60 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Adamec, V. a kol.: Doprava, zdraví a životní prostředí, GRADA, Praha 2008, 160 s.; Babisch, W., Ising, V., Gallacher, J. E. J.: Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. Occupational and Environmental Medicine, London 2003; 60. s.739-745. ISSN 1351-0711; Celjak, I.: Dopravní a manipulační zařízení, Učební text na el. nosiči, ZF, JU v Č.Budějovicích, 2010, 112 s.; Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, 1990, 280 s. ISBN 80-201-0020-2; Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č.j. HEM -300-11.12.01-34065; Kolektiv autorů: Lärm Gesundheitsrisiko. Bundesgesundheitsblatt 35, 3, 1992, s. 117 - 176; Nový, R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1995, s. 16-17. ISBN 80-01-01306-5; Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení, Praha, Sdělovací technika 1998, s. 54-57. ISBN 80-901936-2-5;
Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky a normy;
Časopisy: DOPRAVA, Doprava a silnice, Právo a doprava, Silniční obzor.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **10. ledna 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 10. ledna 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravním prostředí* vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích 10. 4. 2011

Josef Jiraň

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil své poděkování Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za jeho cenné připomínky, trpělivost a ochotu při vedení mé bakalářské práce. Bez této pomoci bych se při psaní práce neobešel.

OBSAH:

1	ÚVOD	10
1.1	CÍL PRÁCE	10
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
2.1	DEFINICE HLUKU.....	10
2.2	ÚČINKY HLUKU NA ČLOVĚKA	11
2.2.1	PŮSOBNENÍ HLUKU NA ČLOVĚKA.....	11
2.2.2	POPIS FUNKCE SLUCHOVÉHO ORGÁNU	12
2.2.3	VLIV HLUKU NA LIDSKÝ ORGANISMUS	15
2.3	ZDROJE HLUKU U SILNIČNÍCH VOZIDEL	18
2.3.1	VNĚJŠÍ HLUK	19
2.3.2	VNITŘNÍ HLUK	20
2.3.3	VALIVÝ HLUK	20
2.3.4	HLUK HNACÍHO ÚSTROJÍ	21
2.3.5	AERODYNAMICKÝ HLUK.....	21
2.3.6	VLIV RYCHLOSTI JÍZDY.....	21
2.4	VLIV HLUKU V ZÁVISLOSTI NA PROSTŘEDÍ.....	22
2.4.1	VLIV OKOLNÍHO TERÉNU	22
2.5	VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK	23
2.6	PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLADIN HLUKU V ČR	24
2.4.1.	NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU (BUDOVY).....	24
2.4.2.	NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU (VENKOVNÍ PROSTOR).....	25
2.7	ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY	27
2.7.1	AKUSTICKÉ VLNĚNÍ	27
2.7.2	KMITOČET	27
2.7.3	VLNOVÁ DÉLKA	27
2.7.4	AKUSTICKÁ RYCHLOST.....	28
2.7.5	AKUSTICKÝ TLAK.....	28
2.7.6	AKUSTICKÝ VÝKON	28
2.8	SNIŽOVÁNÍ HLADINY HLUKU – PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ.....	28
2.8.1	FASÁDNÍ IZOLAČNÍ DESKY	29
2.8.2	PROTIHLUKOVÉ STĚNY	30

2.8.3	PROTIHLUKOVÉ VALY	32
2.8.4	PROTIHLUKOVÁ ŘEŠENÍ OBRUSNÝCH VRSTEV VOZOVKY	34
3	METODIKA	40
3.1	VÝBĚR MĚŘÍCIHO MÍSTA A ČAS MĚŘENÍ	40
3.2	PROVEDENÍ MĚŘENÍ.....	41
3.3	KONTROLA DAT.....	42
3.4	POUŽITÉ MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....	42
3.4.1	HLUKOMĚR VOLT CRAFT SL – 300.....	42
3.4.2	NOTEBOOK ACER ASPIRE 5742G.....	44
4	VLASTNÍ MĚŘENÍ	46
4.1	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 1- KŘÍŽOVATKA ČESKÉ BUDĚJOVICE- U VÝSTAVIŠTĚ.....	46
4.1.1	POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 1	46
4.1.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1	47
4.1.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1	48
4.1.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 1	48
4.1.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 1.....	49
4.2	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 2 - KRUHOVÝ OBJEZD - LITVÍNOVICE.....	49
4.2.1	POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 2	49
4.2.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2	50
4.2.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2	51
4.2.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 2	52
4.2.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 2.....	52
4.3	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 3 - SILNICE I. TŘÍDY (E55) – U KAMENNÉHO ÚJEZDU... ..	53
4.3.1	POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 3	53
4.3.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3	54
4.3.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3	55
4.3.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 3	55
4.3.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 3.....	56
4.4	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 4 - SILNICE II. TŘÍDY (143) – PRŮJEZD OBCÍ HOMOLE ..	56
4.4.1	POPIS MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 4.....	56
4.4.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4	57
4.4.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4.....	58
4.4.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 4	59
4.4.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 4.....	59

4.5	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 5 - SILNICE III. TŘÍDY – KAMENNÝ ÚJEZD – VČELNÁ ..	60
4.5.1	POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 5	60
4.5.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5	61
4.5.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5	62
4.5.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 5	62
4.5.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 5	63
4.6	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 6 - DÁLNIČE (D3)	63
4.6.1	POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 6	63
4.6.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 6	64
4.6.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 6	65
4.6.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 6	66
4.6.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 6	66
4.7	MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 7 - ÚČELOVÁ KOMUNIKACE – STAVBA DÁLNIČE (D3)	67
4.7.1	POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 7	67
4.7.2	DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 7	68
4.7.3	VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 7	69
4.7.4	ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 7	69
4.7.5	NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 7	70
5	ZÁVĚR	70
5.1	POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ DOPRAVOU	70
5.2	POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍH MÍST Z HLEDISKA HLUKOVÉ ZÁTĚŽE	71
5.3	ROZBOR VŠECH VÝSLEDKŮ	72
6	SOUHRN - SUMMARY	73
7	POUŽITÁ LITERATURA	74

1 ÚVOD

1.1 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je provedení analýzy hluku pozemních dopravních zařízení, jakožto osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů, motocyklů aj., v závislosti na charakteru dopravní trasy, kde hraje roli, počet projíždějících vozidel, rychlost vozidel a povrch vozovky. Dále provést analýzu hluku v závislosti na prostředí a druhu dopravního prostředí, např. dálnice, silnice I. Třídy, II. Třídy, III. Třídy, účelové komunikace, frekventovaná křižovatka a frekventovaný kruhový objezd ve městě. Na základě této analýzy vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí, zpracovat do tabulek a udělat návrh protihlukových opatření.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 DEFINICE HLUKU

Poměrně velice přesně lze zvuk fyzikálně popsat a měřit jeho vlastnosti, ať už u zdrojů (emise) nebo pokud se šíří prostředím (imise). Lékařsky lze považovat hluk za zvuk, který má účinky přímo na správnou činnost sluchového orgánu, nebo prostřednictvím něho v různé intenzitě jinak působí škodlivě na člověka. I tyto vlivy zvuku příliš silného, příliš častého nebo působícího v nevhodné situaci, době či na slabého jedince lze dnes již poměrně přesně pozorovat a objektivně popsat.

V praktickém boji proti hluku je dnes klíčovou otázkou, nakolik je v současné době technicky a ekonomicky realizovatelné jeho omezení. Z technického hlediska je u hluku výhodné např. to, že se chová relativně přesně podle fyzikálních zákonů, což umožňuje aplikaci výpočtových metod s mnohem větší přesností než např. u prognóz znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua, nekumuluje se v prostředí, jako např. některé chemické škodliviny. Pokud jde o ekonomická hlediska, je samozřejmě snižování hluku spojeno s finančními náklady. Avšak opatření proti hluku mají v případě emisí mnohdy technicky příznivé účinky (např. v oblasti životnosti zařízení). V případě imisí mají zřejmě i ekonomický přínos, což lze již dnes objektivně kvantifikovat – i když je to složitý problém, spočítat ztráty či přínosy způsobené nepřikročením k protihlukovým opatřením ekonomové dovedou (např. se ekonomicky ocení zvýšená unavenost a nemocnost – ztráty produktivní, ztráty na účet zdravotních a sociálních výdajů)

Právní definice hluku by měla vzít v úvahu jak výše uvedená vymezení, tak ovšem i zahrnout jeho další společenská negativa. Samotné vymezení není vůbec jednoduché. Z hlediska platného práva tak činí jednotlivé právní předpisy pro oblasti jimi upravované. Proto jej vymezíme, aniž bychom se nyní blíže zabývali zákonnými definicemi, jako zvuk, který člověka poškozuje (na zdraví, majetku, na životním prostředí), ruší nebo obtěžuje. [11]

Povahu hluku můžeme charakterizovat z hlediska časového průběhu a kmitočtového složení na hluk:

- a) hluk ustálený - je takový, jehož hladina se nemění o více než 5 dB (A).
- b) hluk proměnný - má větší změny intenzity než 5 dB (A).
- c) hluk impulzní - je tvořen jednotlivými impulzy nebo sledem impulzů 1 až 200 ms dlouhých, s intervaly mezi pulzy delšími než 10 ms.
- d) hluk vysokofrekvenční - může být způsoben neakustickými rušivými vlivy (vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole atd.)

2.2 ÚČINKY HLUKU NA ČLOVĚKA

K vyjádření účinků hluku na jedince se používá hladina hluku vyjádřená v decibelech [dB], korigovaná frekvenčně pomocí pásmového váhového filtru. Filtr je použit z důvodu nestejně citlivosti lidského ucha na hluk různého kmitočtu. Nejpoužívanějším váhovým filtrem hluku z dopravy je filtr s označením A. V reálném prostředí má většina hluků proměnný charakter a proto k vyhodnocení jejich účinků používáme průměrnou úroveň sumy akustické energie, která působila v daném čase. Tato energetická průměrná hladina je označována jako ekvivalentní hladina hluku L_{Aeq} . Rizika hlukové expozice jsou pak vyjádřena stanovením nejvýše přípustných hladin hluku. Tyto přípustné hladiny jsou obsahem Nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [5].

2.2.1 PŮSOBNENÍ HLUKU NA ČLOVĚKA

Hluk působící na lidský organismus lze rozdělit do dvou základních oddílů:

- a) obtěžující účinek - tento hluk lze jen těžko hodnotit, protože jeho dopad se různí podle daných hledisek. Mezi ně patří například zdravotní dispozice, pocity a dojmy

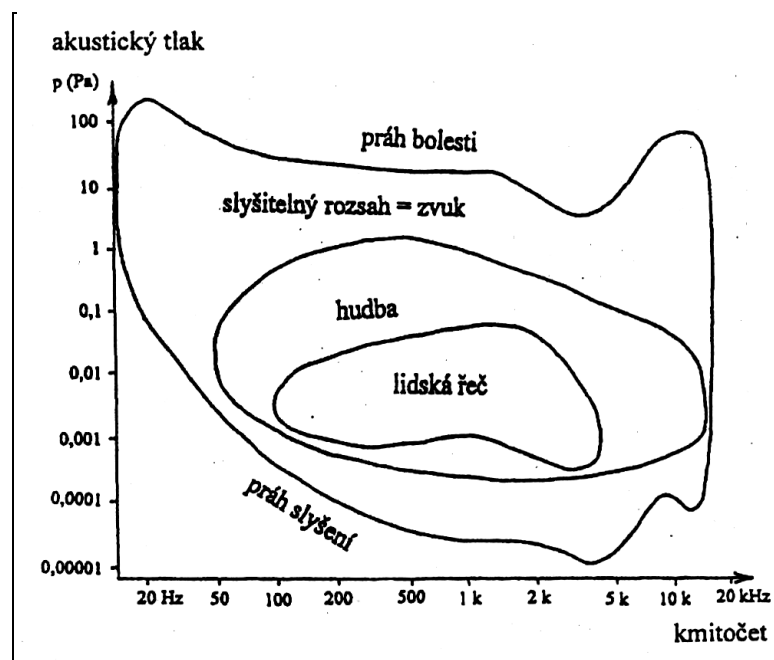
jedince. Můžeme dále konstatovat, že také zdroje hluku mají různou rušivost. Například srovnáním silničního hluku s hlukem leteckým, bude silniční méně rušivý, atd.

b) škodlivé účinky - jsou to účinky, které přesahují přípustné hladiny hluku, viz dále. Tyto účinky mají vliv na psychiku osob a mohou dále vyvolat trvalé změny sluchového ústrojí

2.2.2 POPIS FUNKCE SLUCHOVÉHO ORGÁNU

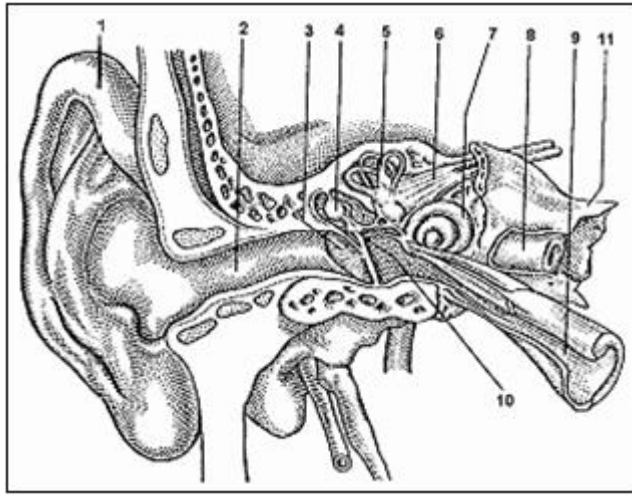
Jedním z nejdůležitějších smyslů člověka je bezesporu sluch. Jedná se o velice komplikovaný, avšak křehký nástroj, jehož funkce se nadměrnou hlukovou zátěží snižuje. Proto je třeba tento sluchový orgán šetřit a provádět náležitá opatření k jeho ochraně. Zdravé ucho je schopno vnímat zvuk ve velkém rozsahu intenzit (10^{-12} až 10 Wm^{-2}) i kmitočtů (20 Hz až 20 kHz) viz obrázek 1, ve stáří však svoji citlivost ztrácí. Nejcitlivější je pro tóny v rozmezí od 1000 Hz do 3000 Hz, což představuje lidskou řeč.

Slyšitelný rozsah kmitočtů a akustického tlaku mechanického vlnění je omezen prahem slyšení a prahem bolesti.



Obrázek 1 - Vymezení pojmu zvuk

Tabulka 1 - Schematický průřez ucha

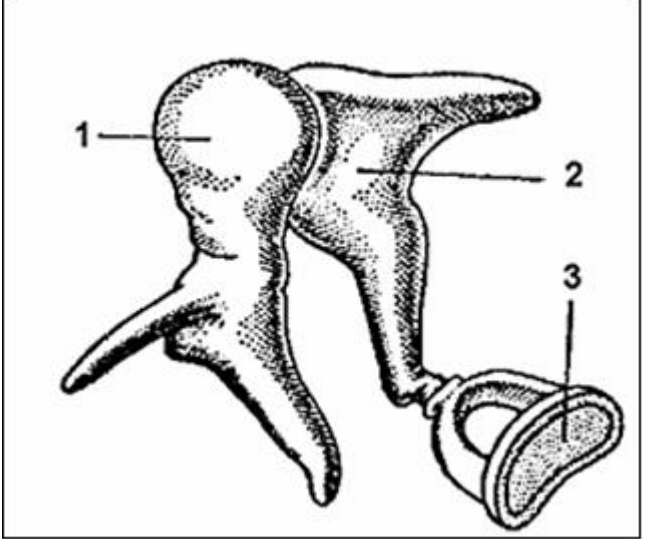
Obrázek č. 2	Popis
	1 – boltec 2 - zevní zvukovod 3 – bubínek 4 - sluchové kůstky středního ucha 5 - polokruhové kanálky 6 - předsíňohlemýžďový nerv 7 - kostěný hlemýžď 8 – tepna 9 - Eustachova trubice 10 - dutina středního ucha 11 - kost skalní

Ucho se skládá ze tří základních částí:

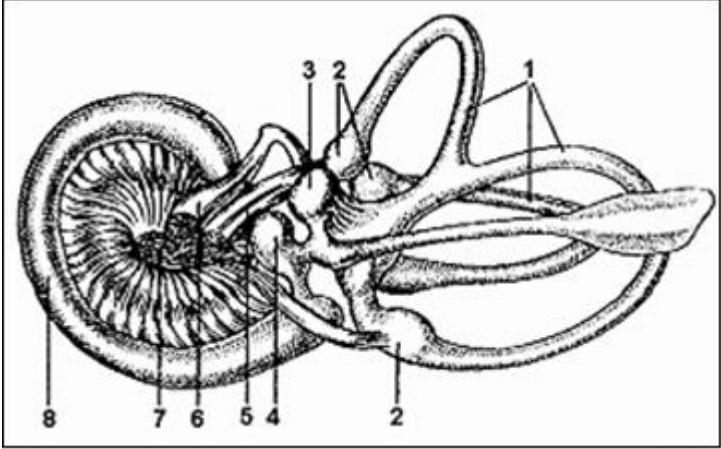
- a) zevní ucho
- b) střední ucho
- c) vnitřní ucho

Zevní ucho je ta část, kterou je vidět a pokračující dále zvukovodem k bubínku, ten odděluje zvukovod od středního ucha. Komůrka středního ucha obsahuje středoušní kůstky, které mechanicky propojují bubínek a hlemýžď vnitřního ucha. Z vnitřního ucha pokračuje sluchový nerv do mozku. Zvuk šířící se zvukem se zvukovodem dostává k bubínku, vibrace bubínku přenášejí středoušní kůstky na hlemýžď vnitřního ucha, kde dochází k přeměně pohybové energie na elektrické nervové impulsy. Ty pak vede sluchový nerv dále do mozku.

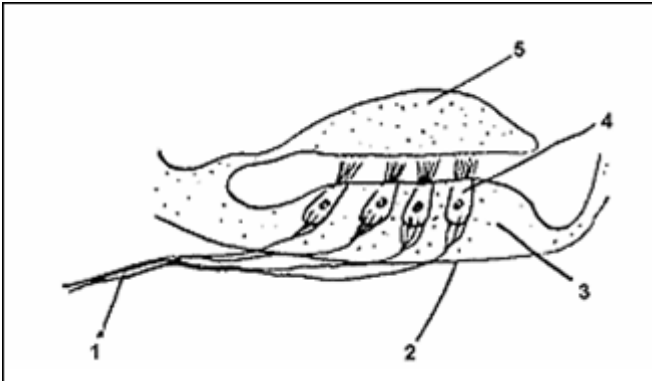
Tabulka 2 – zevní ucho

Obrázek 3	Popis
	<p>1 - středoušní kůstky 2 - kladívko 3 - třmínek</p>

Tabulka 3 - Blanitý labyrint

Obrázek 4	Popis
	<p>1 - polokruhové trubičky 2 - baňky 3 - vejčitý váček 4 - kulovitý váček 5,7 - nerv předsíňohlemýžďový 6 - nerv lící 8 - blanitý hlemýžď</p>

Tabulka 4 - Sluchové buňky

Obrázek 5	Popis
 A cross-sectional diagram of the cochlea. It shows the spiral structure with the organ of Corti on the basilar membrane. Labels 1, 2, 3, 4, and 5 point to specific parts: 1 is the auditory nerve fibers, 2 is the basilar membrane, 3 is the organ of Corti, 4 is the hair cells with stereocilia, and 5 is the covering membrane.	1 - vlákna předsíňohlemýžďového nervu 2 - bazální membrána 3 - Cortiho orgán 4 - sluchové buňky s vlásky 5 - krycí membrána

Pokud je zvuk příliš silný, dochází k odumírání nervových buněk ve vnitřním uchu. Čím déle působí tento hluk na ucho, tím více nervových buněk odumře, tím pak dochází k postupné ztrátě sluchu. Nové buňky se již netvoří a tak je tento stav nevratný.

Problémem spojeným s negativními účinky hluku je různá citlivost osob na jeho vnímání. Obecně platí, že hluk může poškodit ucho i při hlasitém projevu. Takový hluk poté způsobuje zvonění v uších, případně pocit ohlušení. Tento stav může trvat i několik hodin po hlukové expozici.

Při poškození sluchu dochází nejdříve k postižení citlivosti na vysoké frekvence. To je důvod, proč postižená osoba špatně vnímá dětské a ženské hlasy. Ztráta vysokých tónů vyvolává i zkreslování hlasu, tzn. pro postiženou osobu je slovo špatně srozumitelné. Nejvíce má postižená osoba problémy se sykavkami (c, z, s, š).

2.2.3 VLV HLUKU NA LIDSKÝ ORGANISMUS

Nežádoucí účinky hluku na lidský organismus lze rozdělit na:

- a) specifické účinky (sluchové), postihující činnost sluchového analyzátoru
- b) systémové účinky (mimosluchové), mající vliv na regulační procesy, které se později projevují poruchami metabolismu, spánku, srdečně-cévního systému, psychické výkonnosti a pohody

2.2.3.1 SPECIFICKÉ ÚČINKY

Mezi specifické účinky patří:

- a) Akutní akustické trauma

- b) Explozní trauma
- c) Chronické akustické trauma
- d) Maskování, směšování zvuku
- e) Zhoršení zpracování a vštěpování poznatků

a) **Akutní akustické trauma** je akustický úraz, vzniklý vlivem krátkého hlukového impulsu, řádově 100 - 140 dB. Jedná se o krátké zvuky vysoké intenzity, kterými může být například střelba apod. Díky jejich krátké době trvání se nemohou uplatnit středoušní reflexy ani obranné mechanismy vnitřního ucha, čímž může dojít k mechanickému poškození smyslové buňky ve vnitřním uchu a některé části středního ucha, jako například bubínku a středoušních kůstek. Postižený cítí zalehnutí ucha a šelest. Obvykle je návrat sluchu v pásmu řeči dobrý, trvalá částečná ztráta zůstává obvykle nad 4 kHz. Při opakování úrazu se míra úpravy zmenšuje a dochází k prohlubování sluchového postižení. Dochází tak k akutnímu poškození sluchu, které zpravidla zanechává trvalé změny, provázené šelestmi. Méně typicky vzniká akutní trauma opakovanými zvukovými rázy.

b) **Explozní trauma** je úraz z náhlého tlakového rozdílu, má ráz mechanický. Projevuje se jak poruchami sluchu, tak i poruchami rovnováhy. S narůstající intenzitou se dále mohou projevit potíže dýchacích cest a plic. Pokles sluchu se dotýká širokého frekvenčního pásma. Velikost poškození struktur středního ucha může dominovat. Poškození bubínku nastává při působení zvukové vlny v nárazovém impulsu 140 dB.

c) **Chronické akustické trauma** se v prostředí vyskytuje častěji. Jedná se o poruchu sluchu vlivem silných, opakovaných a dlouhodobých účinků hluku. Tyto hluky vyčerpávají energetické zásoby a látkovou výměnu ucha a způsobují poruchu činnosti a zánik smyslových buněk. Při působení těchto hluků pak dochází k dlouhodobé sluchové únavě, k její akumulaci a následnému přetížení sluchu. Jako první bývají poškozeny zevní smyslové buňky, sloužící ke vnímání jemných zvuků. Dále dochází k jejich kvalitativnímu zhroucení. Poškození se tak neprojevuje okamžitě jako porucha sluchu, protože neovlivňuje možnost dorozumění. Pokud však dojde k poškození vnitřních buněk, tak dochází i ke změně slyšení hovorové řeči na pozadí mírného hluku nebo šumu. Na tuto poruchu postižená osoba sama nepřijde, dá se však zjistit pomocí audiometrického^{*)} vyšetření, pomocí něhož je sledován pokles sluchu při frekvenci 4 kHz. Tento pokles je při poruše sluchu hlukem typický. U postižených osob se

^{*)} Audiometrií určujeme sluchové prahy pro čisté tóny v závislosti na frekvenci

vyskytuje pocit tlaku v hlavě a uších, únava, pocit zahlušení, hučení v uších, někdy se také mohou objevit závratě. Časem tyto příznaky ustupují a u postižených následně vzniká návyk na hluk.

Adaptace na prahu sluchu se dá vysvětlit na příkladě: Poslouchám-li delší dobu zvuk na prahu slyšení, po jisté době jej přestanu vnímat, naopak při silnějším hluku dojde pouze k jeho oslabení, což se považuje za projev adaptace. Při delší hlukové expozici pak

dochází k dalšímu snižování hlasitosti a tím ke sluchové únavě, která trvá od půl minuty až po několik hodin. Sluchové ztráty, které se naměří po odeznění sluchové únavy za 16 hodin po ukončení hluku, jsou trvalé a vyjadřují nám míru poškození sluchu.

d) **Maskování, směšování hluku:** Přicházejí-li do sluchového orgánu současně dva zvuky, může podráždění způsobené jedním z nich převládnout tak, že úplně potlačí nebo zeslabí vjem druhého zvuku. Maskovací efekt se vysvětluje jako posunutí prahu slyšení způsobené silnějším zvukem. Jeho velikost je závislá na rozdílu frekvencí mezi oběma zvuky. Posunutí prahu slyšení je největší okolo frekvence maskujícího tónu a je rozdílné pro čisté tóny a pro zvuky širokopásmové. Tento vjem bývá ještě označován jako sluchové překrývání. Zvuk, který způsobí překrytí druhého zvuku, se nazývá zvuk maskující. Zvuk, který je potlačený, je maskovaný. Dopadá-li na ucho přímý zvuk a zvuk odražený od nějaké překážky, pak mezi těmito zvuky bývá jisté časové zpoždění, vzniklé vlivem různých drah těchto zvuků. Je-li toto časové zpoždění menší než 50 ms, splynou oba zvuky v jeden a nijak rušivě se neprojeví. Při časovém zpoždění delším jak 50 ms, ale menším než 100 ms, dojde ke směšování zvuku. Odražený zvuk prodlužuje zvuk přímý, to má za následek například snížení srozumitelnosti řeči. Je-li časové zpoždění delší než 100 ms, vnímá ucho dva oddělené zvuky, čímž vzniká ozvěna.

2.2.3.2 SYSTÉMOVÉ ÚČINKY

Systémové účinky lze v zásadě rozdělit do následujících kategorií:

- a) Funkční poruchy v aktivaci centrální nervové soustavy způsobují
 - vegetativní reakce
 - hormonální odpovědi
 - biochemické reakce
 - poruchy spánku

- b) Funkční poruchy motorických a smyslově-motorických funkcí s ekonometrickými důsledky, jako například změnu zrakového pole, poruchy pohybové koordinace, úrazovost
- c) Funkční poruchy emocionální rovnováhy
- d) Ovlivnění kvality sociální interakce, což znamená pokles kvality komunikace v hlučném prostředí, nástup jisté míry empatie, atd.

Tyto systémové účinky však jsou pouze nepřímé, což znamená, že podráždění sluchu probíhá přes centra v mozku, odkud působí na celý organismus, v podobě žláz s vnitřní sekrecí, na četná centra pro řízení autonomních reakcí, probíhajících bez našeho vědomí a udržujících stálý chod tělesných funkcí. Podle síly podmětu vyvolá hluk buď aktivaci organismu, případně až úlekovou reakci a stav vzrušení. Další vliv hluku je na spánek. Hluk dokáže prodloužit usínání, ale naopak při monotónním zvuku, dokáže usínání navodit, dále hluk snižuje hloubku spánku, zvyšuje pohybový neklid spánku, až po probuzení.

V pracovním procesu hluk způsobuje narušení koordinace jemných pohybů a kolísání soustředěnosti. Dále se při hluku obtížněji učí. Naopak při monotónní práci dokáže správně zvolený zvuk (hudba) činnost učinit snesitelnější.

Vliv hluku na výskyt těchto onemocnění se prokazuje pouze statisticky. U jednotlivce nelze jednoznačně prokázat, zda onemocnění bylo vyvoláno nebo urychleno hlukem.

2.3 ZDROJE HLUKU U SILNIČNÍCH VOZIDEL

Jak již jsem výše uvedl, automobilová doprava má ve městech největší podíl na tvorbě emisí hluku z dopravy jako celku. Mezi největší „výrobce hluku“ v této kategorii patří těžká nákladní a užitková vozidla. Hlučnost u těžkého nákladního automobilu dosahuje 91 dB, tramvaj jedoucí rychlosti 40 km/h působí na okolí hlukem 85 dB až 90 dB a autobus je o trochu tišší, dosahuje pouze 84 dB. Se zvyšující se rychlostí vzrůstá i hlučnost dopravních prostředků. Zdvojnásobí-li se rychlost, zvýší se hlučnost o 8 až 10 dB. Hlučnost běžného osobního automobilu činí v průměru 79 dB.

Při činnosti vozidla je spousta zdrojů způsobujících hluk, např.:

- a) povrch kmitajícího strojního zařízení ve volném prostoru.
- b) běžící motor uložený do konstrukce vozidla (přesto že je uložen pružně (silentbloky), vyrábí sám hluk a vibrace, které dále přenáší na stavební prvky vozidla).
- c) motorem vyrobené spaliny, které prochází sacím a výfukovým potrubím a vytváří vibrace celého výfukového systému.
- d) styk pneumatiky s vozovkou - je obecně známo, že pneumatiky vyrobené ze zimní směsi jsou daleko hlučnější než pneumatiky letní.
- e) další zdroje jsou např.: brzdění, druh přepravovaného nákladu, nedostatečně upevněný náklad, používání výstražných zařízení, nekvalitní povrch komunikace, hlučná obsluha vozidla, aj.

Dále celkovou hladinu hluku podstatně ovlivňuje počet vozidel, jejich zatížení, hlukové emise jednotlivých vozidel, jejich stáří, technický stav, rychlost jízdy, okolní zástavba a povětrnostní podmínky. [1]

2.3.1 VNĚJŠÍ HLUK

Vnější hluk je hluk, který vzniká při provozování vozidel a převážně ho registrují obyvatelé vně motorových vozidel např. chodci, osoby žijící v okolních domech apod. Závisí nejvíce na vzdálenosti od vozovky, na druhu vozovky a toku dopravy. U městských komunikací se při malé hustotě provozu střední hladina hluku rychle zvyšuje s nárůstem dopravního toku. Důležitým činitelem hluku v dopravě je složení dopravy. Čím větší je procento těžkých nákladních vozidel, tím větší je hluk. Další veliký rozdíl hladiny hluku zjišťujeme ve stoupáních vozovky a na zastávkách. Zvýšení rychlosti u osobních automobilů má na hladinu hluku větší vliv než u nákladních. Při vysokých rychlostech je aerodynamický hluk a hluk vyvolaný stykem pneumatik s vozovkou stejně důležitý, jako hluk motoru, který u osobních automobilů současné generace nepřekračuje hranici 30 % v porovnání s nákladními automobily. Velikost hladiny hluku se také zvyšuje v blízkosti křižovatek. Na těchto místech se hladina hluku rychle mění podle toho, jak je hustý provoz a jak se mění režim, tzn. jak

vozidla zpomalují, zastavují, brzdí nebo se opět rozjíždějí. Při změně tohoto režimu hladina hluku kolísá. Ve městech, zejména v úzkých uličkách s vysokými budovami po obou stranách, může vzniknout tzv. „kanónový efekt“, kdy se zvuk odráží od průčelí domů. Hladina hluku zde bude podstatně vyšší, než na otevřených komunikacích. Jako každá doprava, tak i silniční v sobě nese nejen jeden rozpor. Na jedné straně je snaha o plynulost dopravy budováním vysokorychlostních komunikací, které svou podstatou umožňují rychlý průjezd velkého množství vozidel, na druhé straně stojí fakt, že tento hustý provoz permanentně zvyšuje znečišťování ovzduší, hluk a jiné negativní faktory, např. ekonomický. Dálnice jako rychlé a pohodlné spojení opravdu mnohé do regionu přivezou, ale mnohé také mohou odvézt. Dálnice na sebe soustředí pozornost investorů. Supermarkety u dálnice budují většinou velké nadnárodní firmy. To všechno znamená odliv ekonomických a obchodních aktivit z dosavadních center měst. Přestanou tu zastavovat dálkové autobusy i náhodní návštěvníci. Kdo je dále než dvacet kilometrů od dálnice, přestává být ekonomicky zajímavý. Navíc okolo dálnic vznikají většinou pobočky velkých firem. Malým firmám a obchodům ve městech pak nezbývá nic jiného, než ukončit svoji činnost. [1]

2.3.2 VNITŘNÍ HLUK

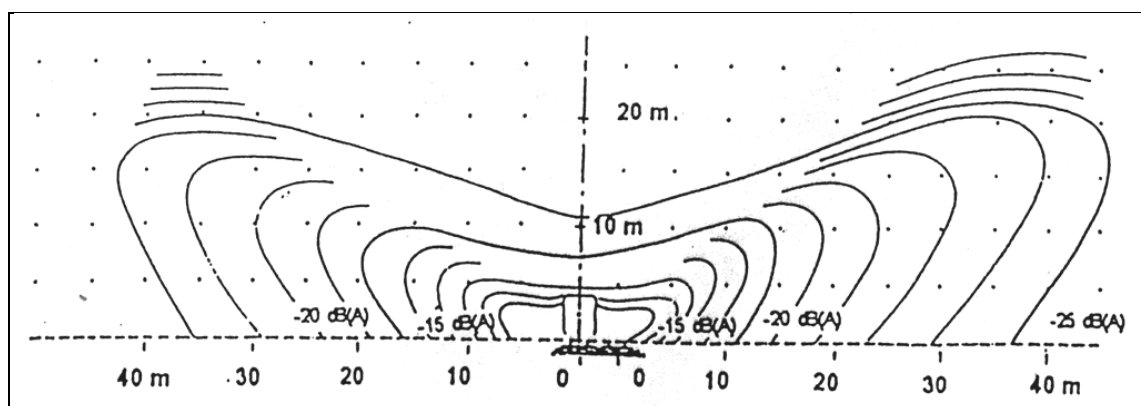
Na tvorbě vnitřního hluku automobilů se podílí větší či menší množství nejrůznějších zdrojů hluku a vibrací, počínaje motorem a konče různým příslušenstvím určeným ke zlepšení funkce vozidla a pohodlí řidiče i spolupasažérů. Zdroje hluku, nutné pro pohyb vozidla jsou většinou mezi sebou provázány. Dalším zdrojem hluku může být nerovnoměrnost chodu motor, házivost kol, nerovnoměrnost v tuhosti pneumatik, nerovnoměrnost v brzdícím momentu při brzdění apod.

2.3.3 VALIVÝ HLUK

Tento hluk je vyvolán stykem dotykové plochy kola s povrchem vozovky. V místě styku vznikají vibrace, které se do vozovky a kola přenášejí jako hluk a šíří se dále do okolí, případně se vyzářují jako hluk šířený vzduchem. K šíření tohoto hluku v prostoru nedochází vlivem podlahy vozu, jakožto jeho rovnoměrné překážky, zvukové

vlny se pak šíří zpravidla pod úhlem 60° vzhůru. Znázornění izofon tohoto hluku je na obrázku 6.

Největší podíl na vzniku valivého hluku má konstrukce kola vozidel. Jedná se zejména o stykové plochy pneumatik, které způsobují nežádoucí hluk, jehož frekvence i intenzita závisí na rychlosti jízdy a dále na počtu kol. Takto vzniklý hluk se projevuje do vzdálenosti 15 až 20 m od vozovky. Jako jedna z možností na snížení tohoto hluku se jeví použití pneumatik s nižším valivým odporem. Tato kola mají oproti stávajícím vyšší symetrii a jsou zde použity jiné materiály. Použitím těchto kol lze dosáhnout snížení hladiny hluku až o 5 dB (A).



Obrázek 6 - Izofony valivého hluku

2.3.4 HLUK HNACÍHO ÚSTROJÍ

Hluk hnacího ústrojí řadíme mezi primární zdroj hluku, jež může být jak statický, tak i dynamický. V případě motorové trakce je hluk složen z hluku hnacího motoru, chladičového ventilátoru, ventilátoru topení a tření v převodovém ústrojí. Snížení hluku lze dosáhnout použitím elektromotorů (elektromobily), případně uvedení nových nebo modernějších vozidel do provozu.

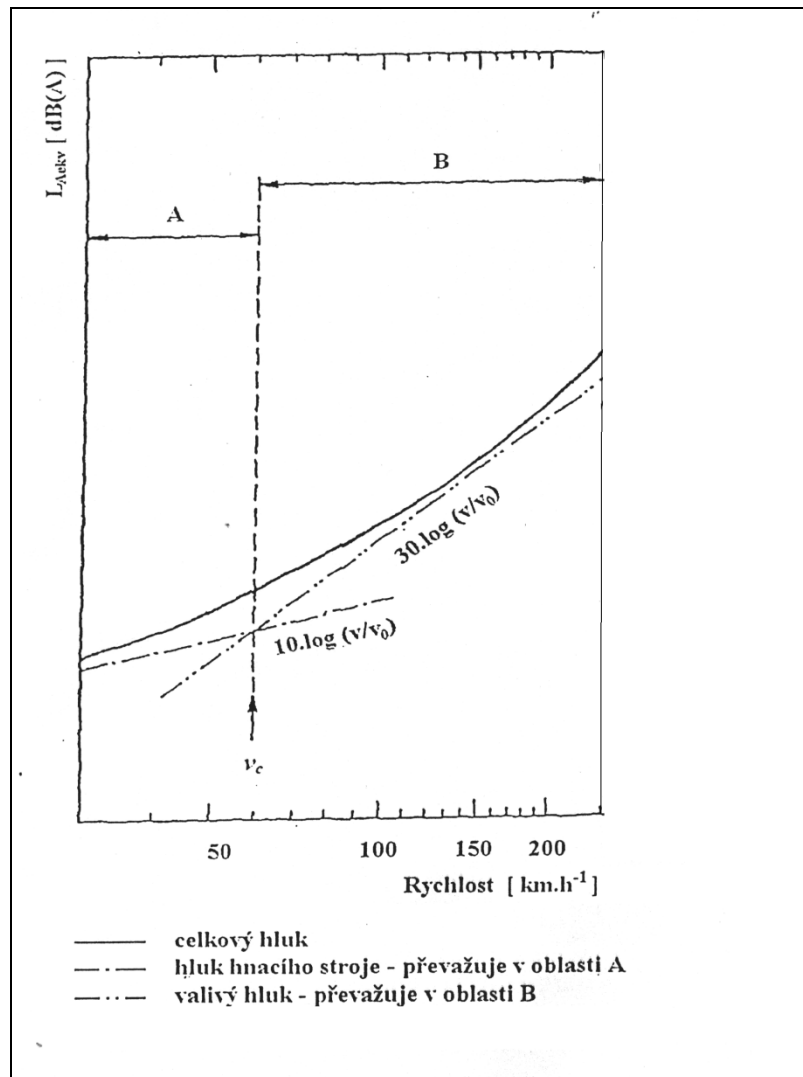
2.3.5 AERODYNAMICKÝ HLUK

Jedná se o hluk vzniklý v důsledku proudění vzduchu a turbulence vzduchu kolem karoserie vozů a jejich podvozků. Jeho hodnota se zvyšuje s rychlostí jízdy, plochou vozidla, provedení karoserie a přepravovaném nákladu.

2.3.6 VLIV RYCHLOSTI JÍZDY

Vliv rychlosti jízdy projíždějících vozidel má vliv nejen na velikost hluku, ale také na jeho druh. Obecně platí, že při nízkých rychlostech bude dominantní hluk

hnacího vozidla jako například hluk motoru apod., zatímco při středních rychlostech se nám projeví hluk valivý. Každý z těchto hluků roste v závislosti na rychlosti jinak. Na obrázku 7 je jejich průběh znázorněn.



Obrázek 7 - Celkový hluk osobního automobilu

2.4 VLIV HLUKU V ZÁVISLOSTI NA PROSTŘEDÍ

2.4.1 VLIV OKOLNÍHO TERÉNU

Vliv okolního terénu a jeho vlastností má podstatný vliv na šíření hluku do okolí. Setkáváme se zde s pohlcováním zvukových vln terénem nebo okolní zástavbou, případně odrazy zvukových vln od překážek nebo od okolní zástavby. Zástavba, umělé překážky a typ terénu mají vliv na výslednou hladinu hluku. Můžeme říci, že největší vliv budou mít ty překážky, které se nalézají v blízkosti silnic. Negativní účinky hluku

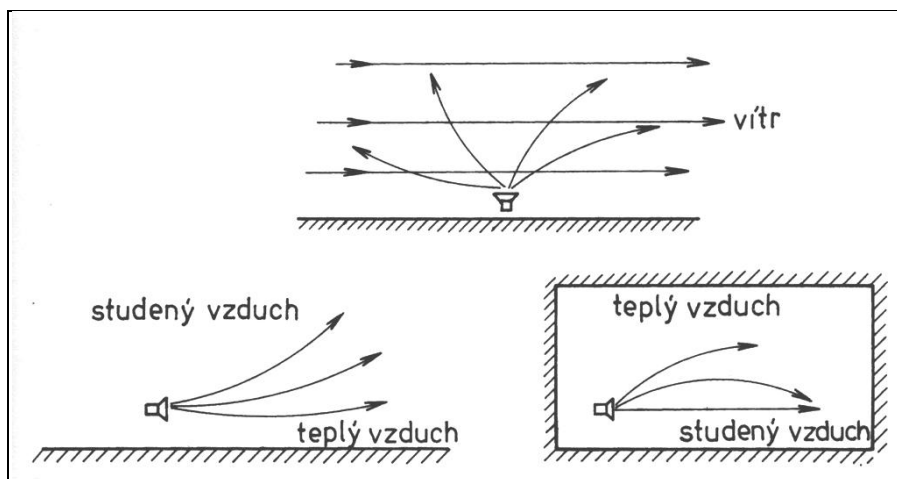
můžeme omezit již při jejich projektování a návrhu, a to jejím umístěním v zářezu. Silnice lze také situovat mimo obytné části měst. Příklady umístění silnic v terénu jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 - Šíření hluku od silnice

Obrázek 8	Popis
	<p>a - silnice vedená v úrovni okolního terénu</p> <p>b - silnice vedená v úrovni okolního terénu s protihlukovým valem výšky 5 m</p> <p>c - silnice vedená v úrovni okolního terénu s protihlukovou stěnou výšky 2,5 m</p> <p>d - silnice vedená v zářezu hlubokém 5 m</p>

2.5 VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Vliv počasí na úroveň hluku se výrazně projevuje až ve vzdálenostech od cca. 100 m. Při vzdálenosti menší než 100 m se může projevit například absorpce sněhu, mohou se projevit také odrazy zvukových vln od různých vrstev vzduchu. Lom zvukového paprsku nastává směrem do chladnějších vrstev vzduchu. Tento děj se vyskytuje jak ve volném prostředí, tak i v uzavřených sálech. Při šíření zvukových vln ve volném prostoru může dojít ke změně směru postupující vlny také unášením částic prostředí pohybem prostředí - větrem. [1]



Obrázek 9 - změna směru šíření zvukového paprsku lomem za obvyklých rozložení teplotních vrstev nebo unášení pohybem prostředí

2.6 PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLADIN HLUKU V ČR

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku vycházejí z principu neškodnosti působící noxy, to znamená, takový hygienický limit, při němž k poškození zdraví nedojde ani po celoživotní hlukové expozici. [5]

V současné době je platným legislativním opatřením, podle kterého se Česká republika řídí v oblasti ochrany zdraví obyvatel před negativními účinky hluku a vibrací Nařízením vlády č. 502 / 2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

2.4.1. NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU (BUDOVY)

Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ a maximální hladinou akustického tlaku $A_{L_{pAmax}}$. V denní době se stanoví pro osm souvislých nejhlučnějších hodin v noční době pro nejhlučnější hodinu. Pro hluk z dopravy na veřejných komunikacích a železnicích a pro hluk z leteckého provozu se stanoví pro celou denní a noční dobu^{*)}.

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A uvnitř staveb pro bydlení a občanského vybavení je stanovena pro hluky pronikající zvenčí jako

^{*)} § 34 odst. 2 zákona č. 258 / 2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

součet základní hladiny hluku $L_{Aeq,T} = 40$ dB a korekcí záležejících na využití daného prostoru a denní době. V tabulce 6 jsou tyto korekce uvedeny.

Tabulka 6 - Korekce pro stanovení hodnot hluku ve stavbách pro bydlení a ve stavbách občanského vybavení

Druh chráněné místnosti	Denní doba	Korekce [dB (A)]
Nemocniční pokoje	6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰ hod.	- 5
	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰ hod.	- 15
Lékařské vyšetřovny, ordinace	v době používání	- 5
Operační sály	v době používání	0
Obytné místnosti včetně kuchyní, hotelové pokoje	6 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰ hod.	0 ^{*)}
	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰ hod.	- 10 ^{*)}
Přednáškové síně, učebny a ostatní místnosti škol, předškolních zařízení a školních zařízení, koncertní síně, kulturní střediska	v době používání	+ 10
Čekárny, vestibuly veřejných úřadoven a kulturních zařízení, kavárny, restaurace	v době používání	+ 15
Prodejny, sportovní haly	v době používání	+ 20

^{*)} Pro hluk z pozemní dopravy na veřejných komunikacích v ochranném pásmu hlavních komunikací a železnice je přípustná další korekce + 5 dB
Obsahuje-li hluk výrazné tónové složky nebo má-li výrazný informační charakter, jako například řeč nebo hudba, přičítá se další korekce - 5 dB

2.4.2. NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU (VENKOVNÍ PROSTOR)

Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$. V denní době se stanoví pro osm souvislých nejhlučnějších hodin v noční době pro nejhlučnější hodinu. Pro hluk z dopravy na veřejných komunikacích, železnicích a pro hluk z leteckého provozu se stanoví pro celou denní a noční dobu. Pro účely územního plánování se vyjadřuje 24 hodinovou dlouhodobou průměrnou ekvivalentní hladinou L_{dvn} a noční dlouhodobou průměrnou ekvivalentní hladinou L_n . Vysokoenergetický impulsní hluk se vyjadřuje hladinou zvukové expozice C L_{CE} jednotlivých impulsů.

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A (s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku) se stanoví součtem základní hladiny hluku $L_{Aeq,T} = 50$ dB a příslušné korekce pro denní nebo noční dobu a místo podle tabulky 6. Pro vysoce impulsní hluk se připočte další korekce -

12 dB. Obsahuje-li hluk výrazné tónové složky nebo má-li výrazně informační charakter, jako např. řeč nebo hudba, přičítá se další korekce - 5 dB.

Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A z leteckého provozu se stanoví součtem základní hladiny hluku $L_{Aeq,T} = 65$ dB a příslušné korekce pro denní a noční dobu a místo.

Pokud by bylo technicky prokázáno, že ve stávající situaci zástavby po vyčerpání všech prostředků její ochrany před hlukem není technicky možné dodržet ustanovení odstavců 1 až 3, je možné potřebnou ochranu před hlukem zajistit izolací objektu tak, aby bylo vyhověno podmínkám podle § 11. Přitom musí být zachována možnost potřebného větrání.

Tabulka 7 - Korekce hluku podle způsobu využití ve venkovním prostoru

Způsob využití území	Korekce [dB]			
	1)	2)	3)	4)
Nemocnice, lázně - budovy	- 5	0	+ 5	+ 15
Nemocnice, lázně - území	0	0	+ 5	+ 15
Ostatní chráněný venkovní prostor	0	+ 5	0	+ 20
Výrobní zóny bez bydlení	+ 20	+ 20	+ 20	+ 20

Pro noční dobu se použije další korekce -10 dB s výjimkou výrobních zón

1) Použije se pro hluk z provozoven (např. továrny, výrobní, dílny, prádelny, stravovací a kulturní zařízení) a z jiných stacionárních zdrojů (např. vzduchotechnické systémy, kompresory, chladič agregáty). Za stacionární zdroje se považují i vozidla, která se pohybují na neveřejných komunikacích (např. pozemní doprava v areálech závodů, stavenišť apod.).

2) Použije se pro hluk z pozemní dopravy na veřejných komunikacích.

3) Použije se pro hluk z pozemních komunikací v ochranném pásmu hlavních komunikací a železnice.

4) Použije se pro starou hlukovou zátěž z pozemních komunikací.

2.7 ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY

2.7.1 AKUSTICKÉ VLNĚNÍ

Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Podle toho, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu, dělíme vlnění na podélné a příčné.

Částice se jednosměrně nepohybují se šířícím se vlněním, nýbrž kmitají pouze kolem svých rovnovážných poloh. Šíření akustického vlnění je spojeno s přenosem energie.

U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze podélné akustické vlnění, avšak u materiálů elastických se může vyskytovat vlnění podélné i příčné, protože vykazují pružnost nejenom v tahu a tlaku, ale i ve smyku. Kombinací těchto namáhání vzniká i kmitání ohybové.

Mezi pevnými látkami a plyny resp. kapalinami může docházet k přenosu kmitů. Každý hmotný element prostředí může být tzv. oscilátorem.

2.7.2 KMITOČET

Kmitočet f (frekvence) určuje počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod.

$$f = 1/T \text{ [Hz]} \quad (1)$$

T... doba kmitu

Hz... herz

s... sekunda

2.7.3 VLNOVÁ DÉLKA

Vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí za dobu jednoho kmitu T , nazýváme vlnovou délkou λ [m].

m... metr

2.7.4 AKUSTICKÁ RYCHLOST

Rychlost s jakou kmitají jednotlivé částičky prostředí, kterým se šíří akustická vlna, nazýváme akustickou rychlostí v [**m. s⁻¹**].

2.7.5 AKUSTICKÝ TLAK

Akustický tlak závisí na barometrickém tlaku. Barometrický tlak je hodnota přibližně 100 000 Pa, kdežto akustický tlak je veličina o mnoho řádů nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot **2. 10⁻⁵Pa**

Pa...pascal

2.7.6 AKUSTICKÝ VÝKON

Výkon kmitavého děje P v ustáleném stavu je definován jako práce vykonaná za jednotku času, kde práce je součinitelem síly a dráhy. Protože je akustický tlak definován silou působící na jednotkovou plochu, můžeme vyjádřit akustický výkon vztahem:

$$P = I \cdot S \text{ [W]} \quad (2)$$

I... akustická intenzita [**W.m⁻²**]

S... sledovaná plocha [**m²**]

[4]

2.8 SNIŽOVÁNÍ HLADINY HLUKU – PROTIHLUKOVÁ OPATŘENÍ

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů stanovil nové povinnosti v oblasti ochrany před hlukem z dopravy. Paragraf 30 zákona přímo stanoví, že vlastníci popřípadě správci pozemních komunikací jsou povinni technickými, organizačními a dalšími opatřeními zajistit, aby

hluk nepřekračoval hygienické limity, které upravuje právní předpis pro venkovní prostory, stavby pro bydlení a stavby občanského vybavení. [17]

Tyto limity jsou uvedeny v Nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Jsou stanoveny zvlášť pro venkovní prostor a zvlášť pro obytné prostory. V obytné budově může být ve dne nejvýše 40 dB, uplatňují se korekce podle účelu zařízení a denní doby (např. pro obytné místnosti v noci platí 30 dB).

Pro venkovní prostor je limit ve dne 50 dB s příslušnými korekcemi (pro staré zátěže je korekce +12 dB, to znamená 62 dB, ale je možné připočítat další korekci 5 dB). Za starou zátěž je obvykle brána komunikace provozovaná před účinností zákona. Samozřejmě se zátěž vztahuje k počtu aut, která po komunikaci jezdila před účinností zákona. [18]

Pokud vlastníci či správci pozemních komunikací, jejichž užívání bylo povoleno před 1. lednem 2001, nejsou schopni limity dodržet, mohou požádat o výjimku příslušný orgán hygienické služby a měli tak učinit do 1. ledna 2003. K získání povolení musí však prokázat, že hluk byl omezen na rozumně přijatelnou míru a provozem nebude ohroženo veřejné zdraví. Rozumné dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi náklady na protihluková opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové zátěže. I když toto ustanovení umožňuje široký výklad, přece jen ho v žádném případě nelze vykládat tak, že opatření nebudou provedena.

Povolení je časově omezené a má umožnit vlastníkovi či správci komunikace, aby příslušná protihluková opatření provedl. Opatření mohou být technického rázu - to znamená vybudování protihlukových bariér, výměna oken, ale také organizačního, což představuje omezení v dopravě vedoucí ke snížení počtu vozidel na komunikaci. Opatření organizačního rázu vedoucí ke snížení dopravy jsou samozřejmě cennější, protože umožní splnit nejen limity pro hluk, ale obyvatelům přinesou i řadu dalších zlepšení - zejména snížení emisí, zvýšení bezpečnosti atd.

2.8.1 FASÁDNÍ IZOLAČNÍ DESKY

Touha po klidnějším bydlení roste se stoupající hlukovou zátěží. Houstnoucí doprava - a to nejen v aglomeracích - přispívá dále k tomu, že hluk nezůstává pouze vně, ale bez vhodných opatření proniká dále do sféry soukromí. Přitom nerozhoduje

pouze vysoký hluk, ale lidskému zdraví může škodit také přenos šumu i s poměrně nižší zvukovou hladinou. Společnost Heidelberger Dammsysteme se těmito požadavky dlouhodobě zabývala a vyvinula speciální fasádní desku, která nastoluje nová měřítka v protihlukové ochraně. [14]

Tepelné izolovaná masivní stěna představuje z akustického hlediska systém hmota-pružina-hmota. Dostane-li tento systém podnět dopadem zvukové vlny šířené vzduchem, rozkmitá se. Systém přitom reaguje na různé kmitočty zvukového podnětu rozdílně. V případě, že budící kmitočet zdroje zvuku je stejný jako rezonanční kmitočet izolačního systému, hovoříme o rezonanci a míra tlumení hluku je nejmenší. Čím více se liší primární kmitočet zdroje zvuku od rezonančního kmitočtu systému, tím méně zvukové energie se přenesou do vnitřního obytného prostoru. Silence dB Plus využívá popsaného efektu a zlepšuje tím izolační schopnosti masivních stěn proti hlukům šířeným vzduchem a to v rozsahu kmitočtu, jež mají pro akustiku staveb největší význam. To je v pásmu od 100 do 3150 Hz. A to vše při zachování vynikajících tepelné izolačních vlastností.

2.8.2 PROTIHLUKOVÉ STĚNY

Protihlukové stěny se využívají jako ochrana životního prostředí před nadměrným hlukem v obytných zónách, především u dopravních tras s automobilovým, železničním a tramvajovým provozem. Uplatnění najdou i v průmyslových oblastech. Viz obrázek 10, 11 a 12.

Můžeme je rozdělit:

1. Podle schopnosti absorbovat hluk na:
 - a. Odrazivé
 - b. Pohltivé
 - c. Vysoce pohltivé
2. Podle druhů materiálů na:
 - a. Vyrobené z prefabrikovaných železobetonových panelů
 - b. Vyrobené z panelů z recyklovaných plastů
 - c. Vyrobené z PMMA skla
 - d. Dřevěné palisády



Obrázek 10 – protihluková stěna dřevěná [12]



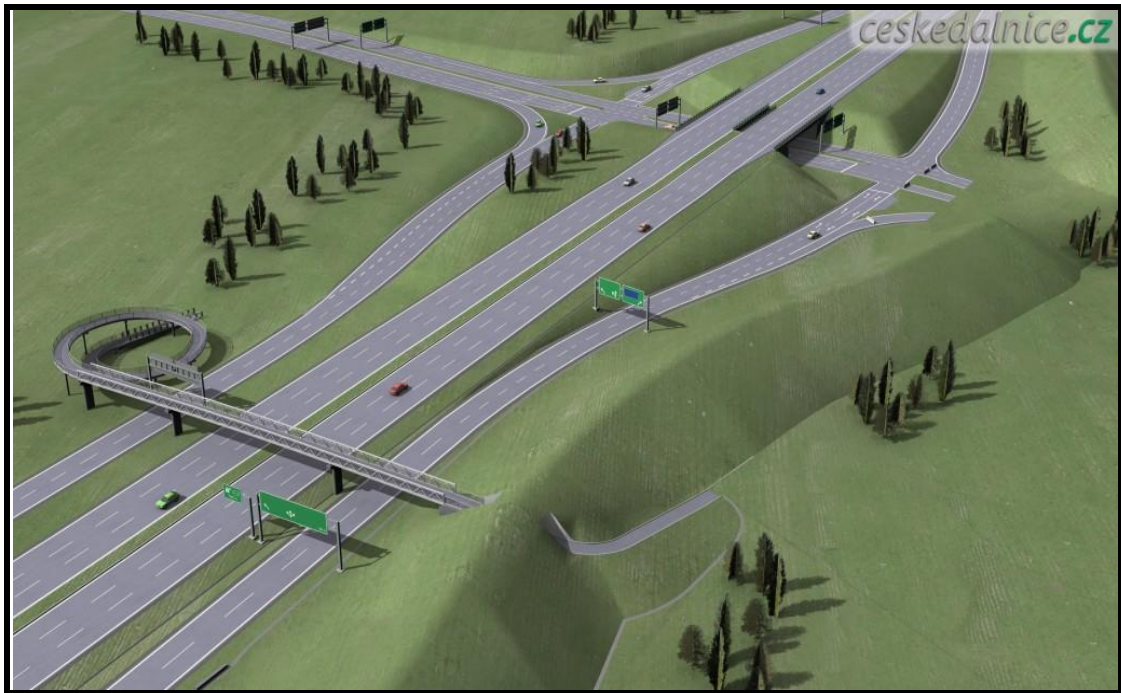
Obrázek 11 – protihluková stěna z betonových panelů [12]



Obrázek 12 – protihluková stěna z betonových panelů v kombinaci se sklem [12]

2.8.3 PROTIHLUKOVÉ VALY

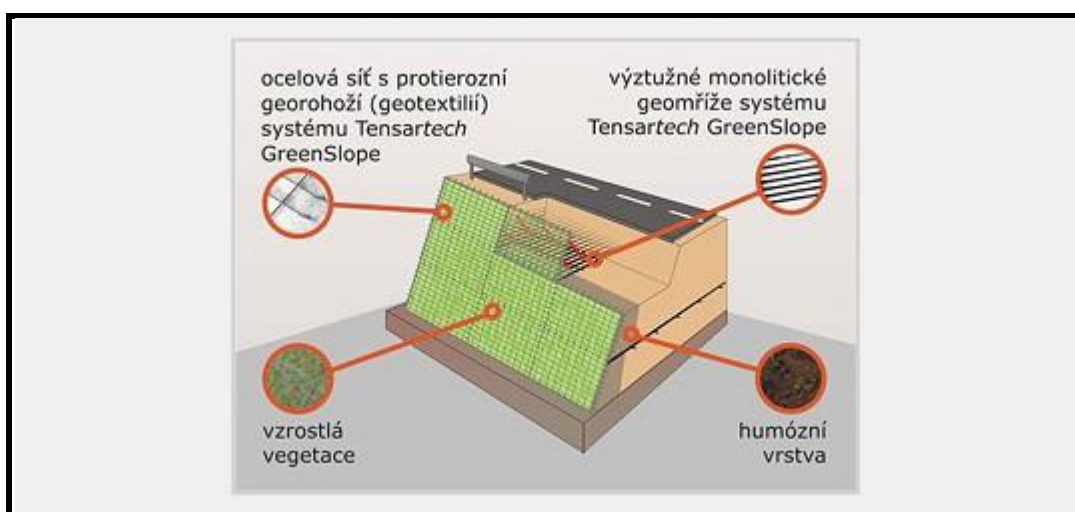
Tyto valy narušují méně celkový vzhled a zvláště při ozelenění se mohou velmi dobře včlenit do krajiny, kde působí velmi přirozeným dojmem. Zřizují se většinou tam, kde je dostatek násypového materiálu a prostoru kolem trati. Při ozelenění by se mělo dbát na zachování dobré viditelnosti návštěvníků a bezpečnosti, tzn. vybírat takové dřeviny, které nedosahují vysokého vzrůstu a v budoucnu se nemusely kácet z důvodu bezpečnosti drážního provozu.



Obrázek 13 – plán protihlukového valu při projektování dálnice [9]

2.8.3.1 KONSTRUKCE PROTIHLUKOVÝCH VALŮ

Zemina je na čele držena pomocí trvanlivých ocelových sítí s protikorozivní ochranou, které jsou s blokem vyztuženým pomocí geomříží Tensar spojeny pomocí účinných spojovacích prvků. Během instalace jsou pohledové prvky pokryty protierozní georochozí nebo geotextilií, jejíž typ závisí na druhu budoucí vegetace (popínavé rostliny, tráva nebo jiný rostlinný porost). [10]



Obrázek 14 – konstrukce protihlukového valu [10]

Výstavba strmého svahu ze systému TensarTech GreenSlope je velmi jednoduchá. Pohledové prvky jsou doručeny na staveniště, vyskládány a připraveny pro umístění do finální pozice. Během instalace jsou geomříže spojeny s pohledovými prvky pomocí spojovací tyče.

Poté jsou do čela umístěny vzpěry, aby byl vytvořen konstantní sklon líce, který umožňuje zhotoviteli snadné umístění zásypového materiálu za líc svahu. Umístění jednotlivých prvků je velmi snadné, s minimálními finančními a časovými náklady na vytváření tvaru čela, které se používá například u techniky obalovaného čela. [10]

2.8.4 PROTIHLUKOVÁ ŘEŠENÍ OBRUSNÝCH VRSTEV VOZOVKY

V současné době existuje několik technologií konstrukčních vrstev vozovky, které lze označit jako nízkohlučné. Rozlišovat se přitom musí provádění v extravilánu nebo v intravilánu. Mimo obce lze aplikovat v zásadě všechny z dosud rozvíjených nízkohlučných úprav obrusných vrstev – od drenážních koberců, přes tenkovrstvé úpravy makrotextury až po uzavřené obrusné vrstvy s malou mezerovitostí avšak optimalizovanou strukturou povrchu. Specifickým a v Evropě ve stádiu vývoje se nacházejícím povrchem s potenciálem snížení hladiny hluku až o 10 dB (A) při rychlostech 50 km/h jsou poroelastické povrchové úpravy s pryží. V případě místních komunikací je situace o poznání složitější. To je způsobeno především okrajovými podmínkami vlastní komunikace (možnosti pokládky, pravděpodobnost pozdějších výkopů nebo překopů v důsledku oprav či provádění nových inženýrských sítí) jakož i odlišnou dopravní situací (řada míst, kde dochází ke změně směru jízdy – malé oblouky v křižovatkách – zóny zpomalování a brzdění nebo naopak rozjíždění a zrychlování, čímž vznikají poměrně velké horizontální síly). V případě těchto komunikací lze proto uplatnit obrusné vrstvy s upravenou texturou, které jsou méně náchylné na působení mechanických účinků. Zpravidla lze využít upravené asfaltové koberce mastixové či některou z tenkovrstvých úprav. [16]

Z hlediska technologie konstrukcí vozovek se již řadu let v zahraničí využívá předností některých specifických směsí a technologických postupů pro obrusné vrstvy asfaltových vozovek nebo úprav betonových vozovek jako jedné z možností

snížení emisí dopravního hluku vznikajících na povrchu vozovky a zatěžujících okolní prostředí. Běžné konstrukční vrstvy litých asfaltů nebo promývaného betonu mohou snížit hladinu hluku v průměru do 3 dB. V některých západoevropských zemích existují bohaté zkušenosti s využitím otevřených a drenážních asfaltových koberců (Porous Asphalt, Flüsterasphalt), které byly v souvislosti s problematikou hluku aplikovány jako forma tzv. akustických obrusných vrstev (jednovrstvých nebo dvouvrstvých). Tyto úpravy lze považovat tradičně za nejznámější, s nimiž existují omezené zkušenosti též v ČR. V případě drenážních koberců navíc lze sledovat v uplynulých deseti letech značný další vývoj a dnes můžeme hovořit již o třetí generaci těchto úprav. Některé z uplatnitelných technologií, včetně drenážních koberců, jsou uváděny dále. [16]

2.8.4.1 NÁTĚROVÉ TECHNOLOGIE

Nátěrové technologie prováděné zejména na betonové vozovky byly původně, stejně jako drenážní koberec, vyvinuty pro použití na vzletových a přistávacích drahách letišť. Zatímco drenážní koberec byl zamýšlen jako úprava snižující riziko aquaplaningu, byly nátěrové technologie rozvíjeny v první řadě jako technické opatření zlepšující protismykové vlastnosti povrchu. Koncem osmdesátých let technologie postupně našla uplatnění též v oblasti betonových dálnic a v různé míře se zde uplatňují dodnes. Technologii tvoří tenká vrstva asfaltové emulze, speciálního modifikovaného asfaltu či epoxidové pryskyřice s následným podrceným kamenivem vhodné frakce. Předností této úpravy je provedení pouze tenké vrstvy ve většině případů bez potřeby předešlého frézování povrchu. Z hlediska protismykových vlastností lze u těchto technologií docílit v porovnání se zbývajícími možnostmi nejlepších hodnot. Z akustického hlediska vede použití kameniva úzké frakce k dílčímu omezení vlivu oscilace pneumatik a ke snížení airpumping efektu. Tato úprava samozřejmě nemá s ohledem ke své tloušťce a celkovému principu provedení zásadnější drenážní funkci. [16]

2.8.4.2 VYMÝVANÝ BETON

Betonové kryty obecně představují systém uzavřené obrusné vrstvy bez výrazné makrotextury. Z akustického hlediska lze zlepšení docílit vhodnou úpravou povrchové vrstvy. Prvního zlepšení v oblasti makrotextury a megatextury bylo docíleno použitím hladicí lišty, která urovnává příčné zvlnění vznikající za kladečím rámem finišeru.

Z hlediska podélné textury se v uplynulých letech v řadě případů pro finální úpravy používalo vlečení zvlhčené juty. I tento technologický krok přispívá k počátečnímu snížení hladiny hluky, jak však dokládají zahraniční poznatky v důsledku omezené odolnosti proti ohladitelnosti se tento efekt po relativně krátké době vytrácí. Dalším krokem proto byl vývoj technologie vymývaného betonu. Při této technologii se na čerstvý betonový kryt aplikuje postřik zpomalovače tuhnutí, který působí do hloubky cca 2 mm. Současně se pro zamezení nadměrného odparu překryje celý povrch vhodnou folií. Zhruba po 24–30 hodinách od pokládky se ochranná fólie odstraní a speciálním kartáčováním se vytváří struktura vymývaného betonu. Z akustického hlediska je hlavním přínosem snížení vlivu oscilace pneumatiky. [6]

2.8.4.3 PROTIHLUKOVÉ TENKÉ ASFALTOVÉ KOBERCE

Tato technologie představuje úpravu s konstrukční tloušťkou do 25 mm. Provádí se za horka pokládkou klasickými finišery. Dosud se tyto technologie v zahraničí nejčastěji používaly v rámci oprav betonových i asfaltových vozovek. Cílem této aplikace bylo především zlepšit protismykové vlastnosti a uzavřít rozrušený povrch vozovky. Tenké asfaltové koberce s kamenivem frakce 0/4 nebo 0/8 a s mezerovitostí max. do 15 % - obj., používané například v Rakousku, jsou z hlediska čáry zrnitosti podobné drenážnímu koberci. Tyto úpravy se nerealizují s cílem zlepšení drenážní schopnosti, nicméně mezerovitá struktura umožňuje snižovat air-pumping efekt, na druhé straně však nelze očekávat vyšší absorpční schopnost a to díky malým a relativně rychle se zanášejícím mezerám. Do této skupiny je též řazena v minulosti používaná technologie microdrain, současně by bylo možné do této skupiny zařadit dnešní mikrokoberce, které mají obdobný cíl užití, nejedná se však o otevřený typ asfaltového koberce. Prokázaný efekt snížení hlučnosti se pohybuje na úrovni 3 dB (A).

Za dalšího zástupce tohoto typu tenkovrstvé úpravy lze považovat tenké asfaltové koberce s označením Rugosoft, jež jsou patentovanou technologií francouzské společnosti COLAS a dle dostupných informací umožňují snižování hluku až o 7 dB (A). Tato směs se provádí zpravidla v tloušťce 2–3 cm a existují zkušenosti s jejím použitím v extravilánu i intravilánu. Obdobně by bylo možné do této skupiny technologií zařadit též směs Viaphone, kterou využívá společnost EUROVIA CS, a. s. [8]

2.8.4.4 NÍZKOHLUČNÉ ASFALTOVÉ KOBERCE MASTIXOVÉ

Speciální typy asfaltových koberců mastixových se sníženou hlučností (LSMA) jsou především v Rakousku a Německu od poloviny devadesátých let 20. století aplikovány jako alternativa protihlukové technologie drenážních koberců. Předností jsou zejména menší nároky na pravidelnou údržbu, nižší náročnost zimní údržby a výrazně snížené riziko zanášení mezer nečistotami. Dosud však nejsou plně k dispozici dlouhodobé zkušenosti a poznatky provozního chování tohoto typu směsí, včetně jejich životnosti na vysoce zatížených vozovkách. Díky stavebně technickým charakteristikám této asfaltové úpravy, především co do textury a minimálních podélných nerovností je možné dosahovat snížení hlukové emise v úrovni cca 4 dB (A). Při měření metodou CPX (stanovení hluku u referenčního kola uzavřeného ve speciálním boxu taženém za jedoucím vozidlem předepsanou rychlostí) bylo zjištěno dokonce snížení hladiny hluku o 5–6 dB (A) u čerstvě provedené asfaltové vrstvy. V Rakousku či Německu se v této souvislosti dosud uplatňovaly především směsi typu LSMA 0/8 nebo LSMA 0/5.

Tento typ směsí se od klasického asfaltového koberce mastixové odlišuje změněnou čarou zrnitosti. Z hlediska návrhu směsí u nich dochází k dalšímu snížení podílu jemných částic a současně se musí využívat asfaltová pojiva s vysokou lepivostí. Mezerovitost těchto směsí se zvyšuje v porovnání s klasickým SMA na úroveň 10–15 %-obj. Jejich předností je zejména dále vylepšená makrotextura. Současně je nutné zdůraznit, že v porovnání např. s drenážními koberci je lze využít jako protihlukové opatření pro všechny dopravní rychlosti. Jelikož se jedná o upravený typ asfaltového koberce mastixového, jsou tyto směsi navíc aplikovatelné pro všechny třídy dopravního zatížení.

V případě úpravy se zrnitostí 0/5 obecně platí, že zmenšení největšího zrna je z hlediska omezení vzniku hluku výhodnější – obzvláště v případě pneumatik osobních vozidel. Na druhé straně samozřejmě platí, že s menšími zrny se snižuje též únosnost a trvanlivost vrstvy při velkém dopravním zatížení. Dle dosavadních německých zkušeností lze tento typ směsí aplikovat na pozemních komunikacích se středním

dopravním zatížením. Z akustického hlediska lze u těchto směsí docílit v porovnání se SMA 0/8 dalšího snížení hlukové zátěže a to o 2–2,5 dB (A).

Samostatnou variantu patří do skupiny asfaltových koberců mastixových představuje v Německu vyvinutá směs LOA 5D označovaná těž jako „düsseldorfská asfaltová směs“. V porovnání s nízkohlučnými SMA se LOA vyznačuje podobnou mezerovitostí jako běžné asfaltové koberce mastixové (5–7 %-obj.), navíc se pro tento typ směsi docilují vyšší hodnoty protismykových vlastností. Účinek snižování hlučnosti vyplývá z optimalizované kostry kameniva směsi využívající maximální velikost zrna 5 mm. Současně se i v tomto případě využívá výhradně modifikované asfaltové pojivo. Směs byla poprvé aplikována v roce 2007 na dvou úsecích místních komunikací v Düsseldorfu a z provedených hlukových měření vyplynulo snížení hluku až o 5 dB (A) v případě osobních aut a rychlosti 50 km/h. Ani po dvou letech nebyla při opakovaných měření zjištěna ztráta schopnosti snižovat hluk. [4]

2.8.4.5 ASFALTOVÉ KOBERCE DRENÁŽNÍ (PA)

Asfaltový koberec drenážní se definuje jako vysoce mezerovitá asfaltová směs. Zvýšené mezerovitosti je docíleno upraveným návrhem čáry zrnitosti, kde se téměř výhradně uplatňují zrna největší použité frakce. V současné době se dokonce preferuje, aby z důvodu dosažení co nejvyšší mezerovitosti bylo aplikováno více jak 90 %-hm. drceného kameniva dané frakce. Díky této stavbě vzniká omezený podíl kontaktních ploch mezi zrny, což na druhé straně vede k většímu namáhání celé kamenné kostry. Z tohoto důvodu jsou kladeny značné kvalitativní požadavky na použité kamenivo a to především co do jeho otlučivosti, ohladitelnosti, odolnosti proti mrazu, tvarového indexu a pevnostních charakteristik. Na druhé straně je třeba zcela otevřeně zdůraznit, že výroba směsi je z hlediska požadavků na kvalitu a na použité vstupní materiály velmi náročná a poměrně nákladná. V Rakousku či Německu je proto povoleno použití pouze kvalitativní drceného kameniva. Zpravidla se uplatňují PA8, PA11 a PA16, přičemž za nejlepší kompromis je dosud považována směs PA11. Volbou jemnější směsi by sice bylo možné dosáhnout snížení oscilace pneumatik, nicméně systém mezer se stává uzavřenějším a menší mezery jsou více náchylné na zachování jejich průchodnosti po co nejdélejší dobu. Dalším významným aspektem je použité asfaltové pojivo, jehož hlavním úkolem je dostatečné slepení jednotlivých zrn kameniva na omezených kontaktních ploškách. Důvodem je skutečnost, že oproti

například směsi typu SMA se drenážní koberec vyznačuje minimálním podílem asfaltové malty, která by vyplňovala prostor mezi většími zrny. Kohezi tak zajišťuje zejména pojivo a kvalita jeho vazby se zrny kameniva, vlastní kamenivo převažující frakce tvoří kostru, v níž se jednotlivá zrna o sebe navzájem opírají. Z hlediska použitého pojiva se s ohledem k výše uvedenému v současné době proto doporučují výhradně modifikovaná vysoce viskózní asfaltová pojiva, která musejí vykazovat vynikající lepivost a značnou odolnost ke stárnutí (to opět klade vyšší nároky na cenu). K zamezení stékavosti pojiva se navíc aplikuje nosič pojiva – použití vhodných vláken. I přes uvedená opatření jsou PA v porovnání s jinými typy směsí náchylné na vylamování zrn kameniva a to zejména při vyšších smykových silách (např. náhlá ostrá změna směru jízdy apod.). Vzniklé mezery jsou z větší části vzájemně propojené a tvoří komplexní systém, který umožňuje rychlé odvedení srážkové vody z povrchu vozovky a následný k ose komunikace příčný transport do krajů tělesa vozovky. [16]

Z akustického hlediska představují PA technologii, s jejíž pomocí dnes lze dosáhnout nejvýraznějšího snížení hluku, a to navzdory postupnému snižování efektu snižování hluku v čase (rychlost a průběh ztráty schopnost snižovat hluk jsou závislé na řadě faktorů, z nich nejvýznamnější je nadměrné znečištění a nedostatečná údržba). Jak prokázala řada dříve provedených měření, nejvyššího snížení hluku lze přitom docílit při vyšších rychlostech (snižování rezonance a air-pumping efektu ve frekvenčním intervalu nad 1 kHz), a proto jsou PA vhodné především na rychlostní komunikace či dálnice procházející v blízkosti zastavěného území. Z hlediska snížení hlukové emise přitom v porovnání s tradiční asfaltovou vrstvou lze docílit snížení až o polovinu. K tomu je třeba doplnit, že vývoj hlukové zátěže při existenci více zdrojů lze velmi jednoduše popsat následovně. Pokud existují například dva zdroje, z nichž každý produkuje hluk 60 dB, potom při jejich současném působení (zdvojení zdroje) se celkový hluk zvyšuje o 3 dB. Pokud zdrojů hluku bude 10, potom zvýšení hlukové zátěže bude o 10 dB. Na druhé straně se nicméně dosud nepodařilo zcela přesně stanovit velikost přínosu pohlcování hluku systémem vzájemně propojených mezer (absorpční schopnost) a názory odborníků se v této věci různí. Pokud bychom absorpční schopnosti přiřkládali klíčový vliv, potom by bylo třeba vrstvy drenážního koberce provádět ve větších tloušťkách, aby se tohoto fyzikálního jevu co nejvíce využilo. Pokud se za určující bude považovat rezonance vznikající v podélném směru a efekt air-pumping, potom jsou klíčové pouze mezery v bezprostřední blízkosti povrchu vozovky a v tomto

případě by byla dostačující relativně malá tloušťka vrstvy drenážního koberce, STEVEN. V tomto případě by z hlediska údržby a pravidelného čištění bylo podstatné obnovovat funkci těchto mezer bezprostředně spojených s povrchem vozovky. [16]



Obrázek 15 – drenážní asfaltový koberec (PA)

3 METODIKA

3.1 VÝBĚR MĚŘICÍHO MÍSTA A ČAS MĚŘENÍ

Uvedení lokality měření a uvedení dalších informací o měřicích místech jsou součástí výsledků. Měření je třeba provádět v uvedeném místě. Jestliže to není z technických nebo jiných důvodů možné, je nezbytně nutné změnu měřicího místa uvést v protokolu měření. Pokud se v průběhu měření zjistí, že v měřicím místě došlo ke změnám oproti očekávaným údajům (např. změny v dopravní situaci), je třeba tyto změny zaznamenat. Jestliže k žádným změnám v měřicím místě nedošlo, zaznamená se tato skutečnost do průvodního listu k měření. Měření se provádí v běžný pracovní den,

tj. v úterý, středu a čtvrtek, pokud jsou pracovními dny a pokud nenavazují na den pracovního volna nebo klidu nebo státní svátek. Sčítání četnosti a intenzity dopravy se provádí po celou dobu všech měření. [2]

3.2 PROVEDENÍ MĚŘENÍ

Systemu monitorování je prováděno dle Metodického návodu MZdr. ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí (Č. j. HEM-300-11.12.01-34065). Z tohoto dokumentu vyplývají i možné typy zvukoměrů použitelných pro měření hluku v rámci monitoringu např.: (B&K 2231, B&K 2260, B&K 2250, Norsonic Nor118 a Nor140). Během měření je zjišťováno a následně uváděno v jednotném datovém formuláři v 15 min. měřících intervalech:

- a) čas začátku měřicího intervalu ve formátu hh:mm (hodina:minuta, start v celou hodinu)
- b) ekvivalentní hladina akustického tlaku $A LA_{eq,T}$ [dB]
- c) pravděpodobnostní hladiny L_{AN} [dB] ($N=1, 10, 50, 90, 99$)
- d) hladiny L_{Amin} a L_{Amax} [dB]
- e) sčítání dopravy ve skupinách M, OA, NA, NS, BUS, O (motocykly, osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy a ostatní dopravní prostředky). Za nákladní automobily se považují automobily s hmotností nad 3,5 t (orientačně vozidla s dvojmontáží). Nákladní soupravy jsou návěsy a nákladní vozidla s přívěsy. Ve sloupci dráha se sčítají tramvaje, trolejbusy nebo vlaky (podle předpokladu vždy jen jeden typ z toho, tučným písmem se vyznačí který). Mezi ostatní vozidla patří např. traktory, zemědělské a stavební stroje, vojenská technika a všechna ostatní jinam nezařazená motorová vozidla. Připouští se následné sčítání dopravy ze záznamu (tzn. lze provést měření se současným záznamem zvuku a obrazu sčítaného profilu a toto vyhodnotit následně). Výsledky sčítání dopravy jsou součástí naměřených hodnot.
- f) Poznámky o netypických hlučných událostech (co, kdy, jak). Mezi netypické hlučné události patří jakákoliv (i zařazená a sčítaná) vozidla, která ovlivní hluk za 15 minut (např. silná motorka, sanitka), ale také hluky nesouvisející s

pozemní dopravou (např. lidé, psi, vysypávání popelnic, cirkulárka...).
V 60-ti minutových intervalech.

- g) počasí (teplota, vlhkost, rychlost větru, tlak, srážky, oblačnost ve formátu X/4, 0 je jasno, 1/4 skoro jasno, 2/4 polojasno 3/4 oblačno, 4/4 zataženo, – tyto údaje jsou uváděny v jednotném datovém formuláři vždy k první čtvrt hodině měřeného intervalu. Formát jednotlivých polí jednotného datového formuláře je uveden pod tabulkou. [2]

3.3 KONTROLA DAT

V případě měření s rušivými náměry budou tyto náměry zdůrazněny tučným písmem v elektronickém záznamu z měření (v surových datech i v doplněných datech v jednotném datovém formuláři). Při eliminaci rušivých náměrů budou data:

- a) V případě jednoho 15 min náměru s rušivými faktory za hodinu nebo jeho výpadku se doplní hodnota z předchozího 15 min náměru.
- b) V případě dvou návazných 15 min náměrů s rušivými faktory za hodinu nebo jejich výpadku se u prvního náměru doplní hodnota z předchozího 15 min náměru, u druhého náměru doplní hodnota z následujícího 15 min náměru.
- c) V případě více chybných návazných 15 min náměrů s rušivými faktory za hodinu se v 1 hod údajích doplní hodnota z předchozí hodiny.
- d) V případě více chybných návazných 15 min náměrů s rušivými faktory za 2 hodiny (např. poslední tři 15 min náměry s rušivými faktory za první hodinu a první tři 15 min náměry s rušivými faktory za druhou hodinu nebo všechny náměry během 2 hodin) se v 1 hod údajích doplní první hodnota z předchozí hodiny a druhá hodnota z následující hodiny.
- e) V případě chybných návazných 15 min náměrů s rušivými faktory za více než 2 hod je nutné měření opakovat. [2]

3.4 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

3.4.1 HLUKOMĚR VOLTCRAFT SL – 300

Digitální hlukoměr dle EN 61672-1 Třída 2 má vedle běžných standardních funkcí i datový logger a USB rozhraní. Díky gumovému pouzdru je přístroj vhodný i pro nejtěžší nasazení. Přístroj má rozsah měření od 30 do 130 dB s funkcí

automatického nastavení rozsahu. Integrovaný datový logger umožňuje uložení až 32 000 naměřených hodnot, které mohou být dodávaným softwarem na PC nadále zpracovány. Software dovoluje vyhodnocení dle DIN 15905-5. Tím se snadno dá realizovat dlouhodobé sledování. Díky odnímatelnému mikrofonu a dodávanému 4 m prodlužovacímu kabelu mohou být prováděny i měření na těžko přístupných místech. Software přístroje SL-400 dovoluje měření a vyhodnocení dle DIN 15905-5 k zabránění poškození sluchu díky vysokým zvukovým emisím elektroakustických ozvučovacích zařízení. [15]

3.4.1.1 VLASTNOSTI

- Rozsah měření 30 až 130 dB A/C
- Přesnost 1,4 dB (1 kHz)
- Datový logger s rozhraním USB a prodlužovacím kabelem pro mikrofon.

3.4.1.2 TECHNICKÉ PARAMETRY

Tabulka 8 – technické parametry hlukoměru Voltcraft SL – 300 [15]

Rozměry	(Š x V x H) 76 x 278 x 50 mm
Kalibrovatelné podle	ISO
Doba odezvy	125/1000 ms
Frekvenční rozsah	31,5 - 8000 Hz
Přesnost	1,4 dB (94 dB/1 kHz EN 61672 Class 2)
Napájení	9 V
Rozsah měření hladiny zvuku	30 130 dB
Rozlišení hladiny zvuku	0.1 dB
Hmotnost	350 g

3.4.1.3 VYBAVENÍ

- A/C hodnocení
- F/S vyhodnocení času (rychlé/pomalé)
- Min./max. paměť
- Analogový výstup
- Sloupcový graf
- USB rozhraní
- Podsvícení
- Kalibrovatelné
- Provoz na baterie nebo napájení ze sítě



Obrázek 16 – Hlukoměr Voltcraft SL – 300 [9]

3.4.2 NOTEBOOK ACER ASPIRE 5742G

Notebook Aspire 5742G-5464G50MN je postaven na dvoujádrovém procesoru Intel Core i5-460M, který pracuje na frekvenci 2.53 GHz a disponuje mezipamětí 3 MB Cache. Maximální frekvence v turbo režimu je 2,8 GHz. Je vybaven pamětí DDR3 pracující na frekvenci 1066 MHz, která nabízí celkovou kapacitu 4 GB. Tuto paměť lze navýšit až na 8 GB při použití dvou soDIMM modulů. [7]

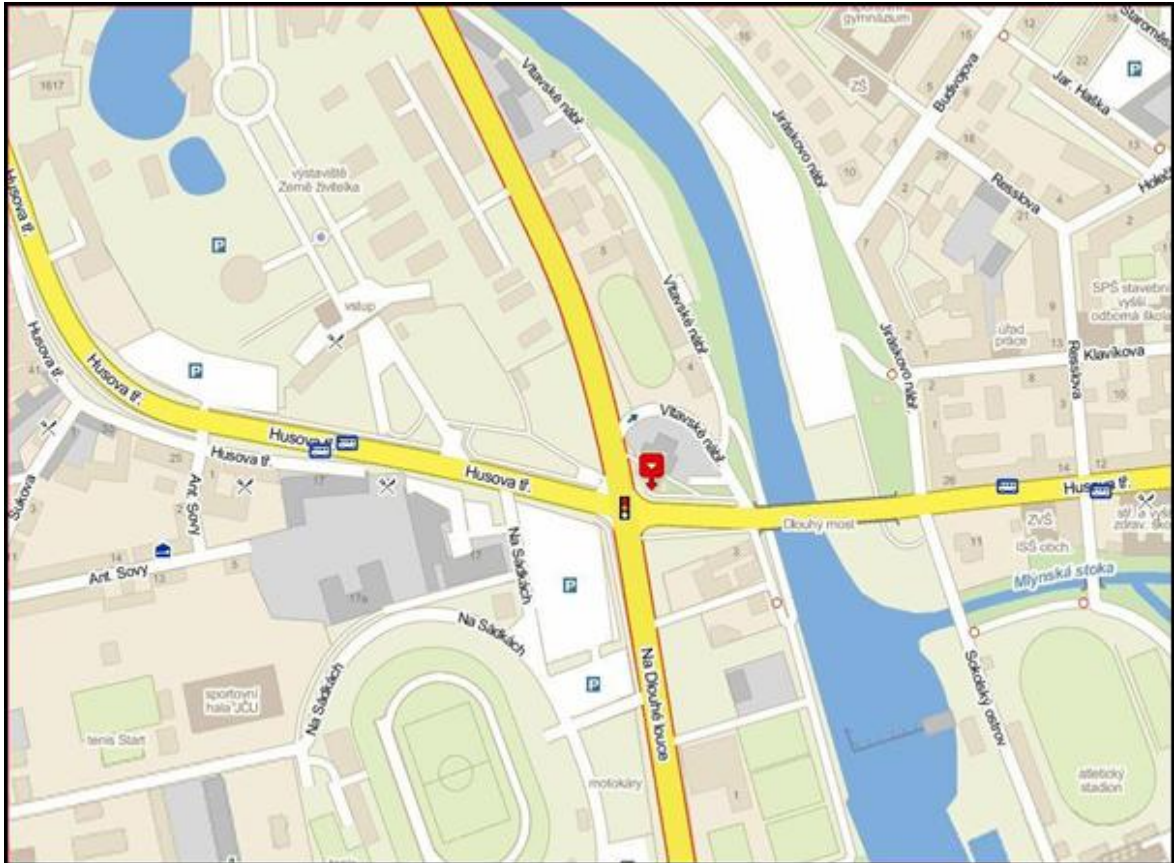
Naměřená data jsou ukládána do programu Microsoft Excel. Zde jsou potom dále zpracovávána.



Obrázek 17 – Notebook Acer Aspire 5742G [7]

4 VLASTNÍ MĚŘENÍ

4.1 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 1- KŘÍŽOVATKA ČESKÉ BUDĚJOVICE- U VÝSTAVIŠTĚ



Mapa 1 – měřicí místo č. 1, křižovatka České Budějovice – U Výstaviště [13]

4.1.1 POPIS MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 1

- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 12:10 – 12:25
- Počasí při měření: jasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 48°58' E 14°27'
- sklon vozovky: rovina
- maximální povolená rychlost v místě měření: ulice Husova 50 km.h⁻¹, Na dlouhé louce 70 km.h⁻¹
- nejbližší obydlená oblast: křižovatka leží v centru města
- okolí měřicího místa: sloupy světelné signalizace, lampy veřejného osvětlení

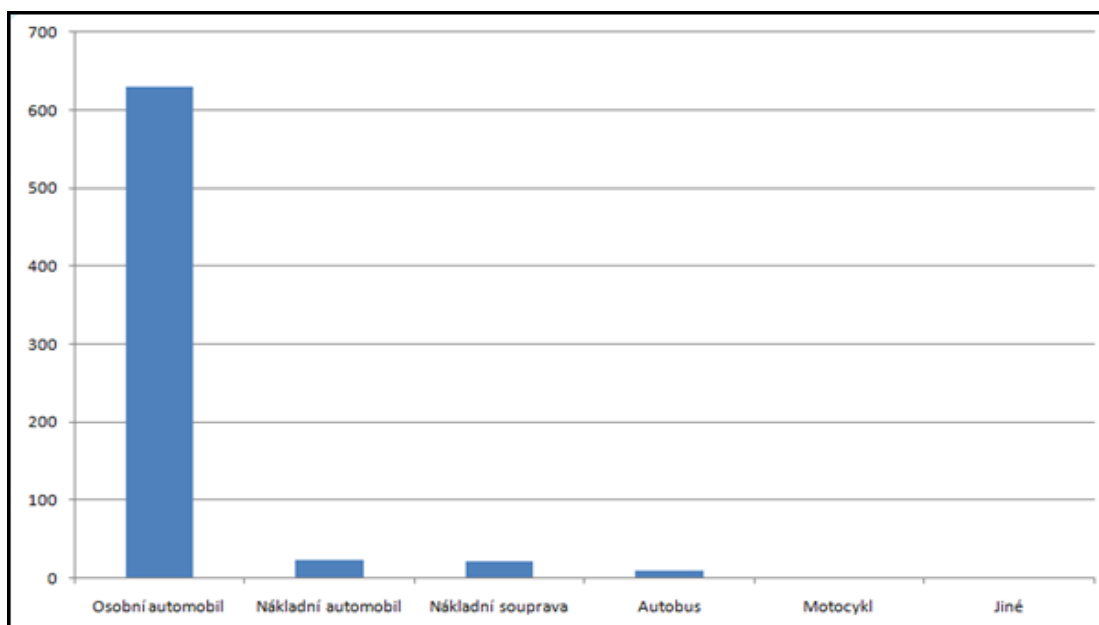
- povrch vozovky: asfalt s mírným poškozením, dva pruhy v ulici Na dlouhé louce nově opraveny

Toto měřicí místo leží na velice frekventované křižovatce přímo v centru Českých Budějovic. Je zde velké množství odbočovacích a přímých pruhů, která jsou řízena světelnou signalizací. Vozidla zde zastavují a většinou čekají v dlouhých kolonách a následně se rozjíždějí. V okolí tohoto měřicího místa jsou pouze sloupy světelné signalizace a sloupy veřejného osvětlení. Maximální dovolená rychlost je zde 70 km. h⁻¹ v ulici Na dlouhé louce a 50 km. h⁻¹ v ulici Husova.

4.1.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1

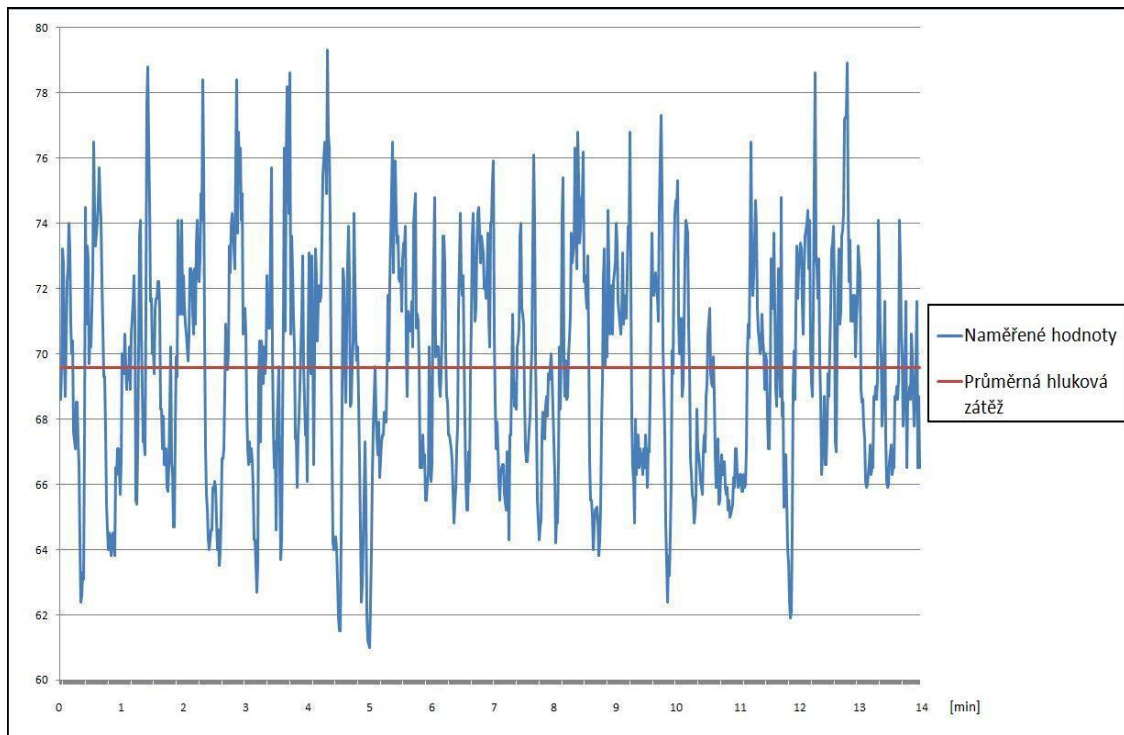
Tabulka 9 - Druh dopravy v měřícím místě č. 1

Druh vozidla	Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou
Osobní automobil	629
Nákladní automobil	24
Nákladní souprava	22
Autobus	10
Motocykl	0
Jiné	2
Celkem	687



Graf 1 – Počet projíždějících vozidel v měřícím místě č. 1

4.1.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 1



Graf 2 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě č. 1

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 69,58 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 79,3 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 61 dB

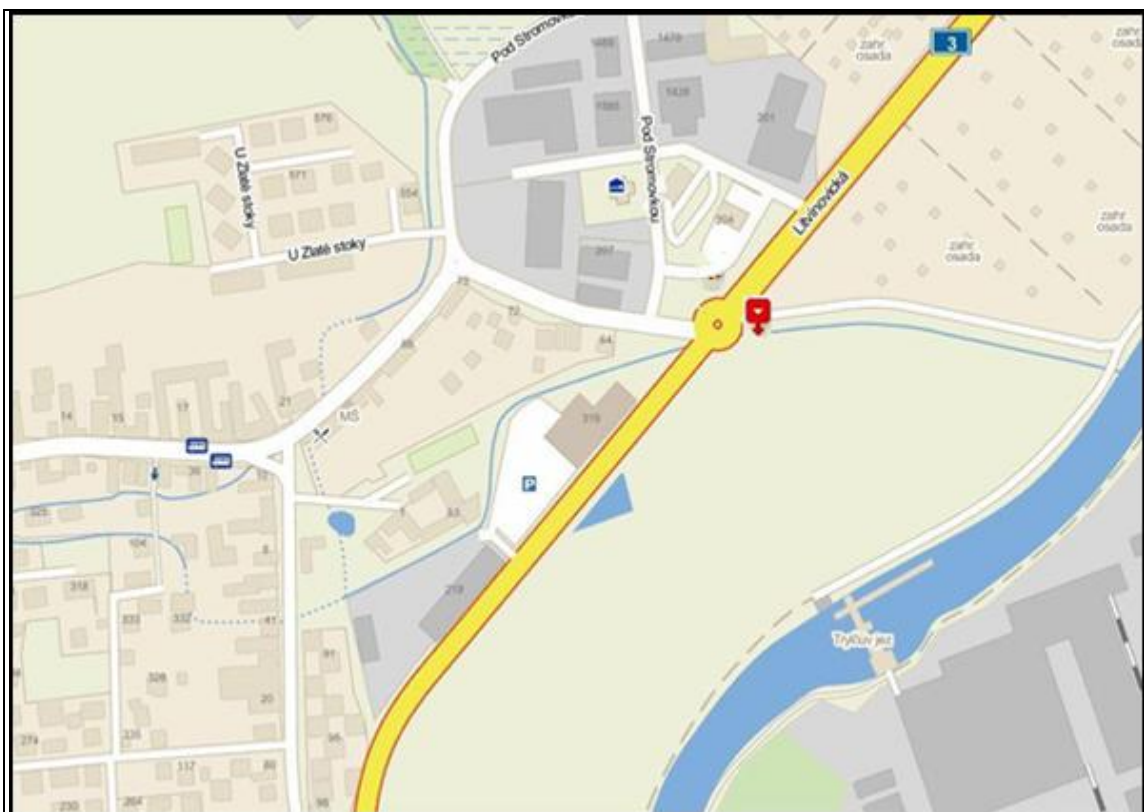
4.1.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTĚ Č. 1

V tomto měřícím místě se doprava skládá převážně z osobních automobilů, na druhém místě jsou nákladní automobily a nákladní soupravy viz graf 1. Jedná se o velkou křižovatku v centru města, přes kterou proudí nejen osobní automobily, které projíždějí z jedné části města na druhý, ale i ostatní tranzit skrz město. Tato křižovatka je řízena světelnou signalizací, proto zde automobily stojí v kolonách a projíždějí ve vlnách, což je i patrné z grafu 2, kde lze spatřit hlukové špičky jak nahoru tak dolů (tzn. špička je dole – automobily mají červenou, respektive oranžovou, špička je nahoře – automobily projíždějí ve vlně křižovatkou. Hluk je zde tvořen především hlukem motoru, který má vyšší otáčky při rozjíždění a také zde má vliv jízda na nižší převodový stupeň s vyššími otáčkami motoru.

4.1.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 1

V tomto místě by nejvíce pomohla dostavba dálnice D3 a tím pádem odklon dopravy, která přes České Budějovice jen projíždí. Dále zde hraje roli vzrůstající cena MHD, takže lidem se pomalu nevyplácí s ní jezdit, a tak volí jako způsob dopravy vlastní osobní automobily, ve kterém většinou cestují jen řidiči, tím pak enormně roste počet osobních automobilů a v závislosti s tím i hluková zátěž. Dalším řešením by pro místní obyvatele mohlo být to, že když například do zaměstnání přijedou na kole a tím pomůžou městu nejenom od hlukové zátěže ale i od výfukových plynů, dostanou za to nějaké zvláštní finanční ohodnocení.

4.2 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 2 - KRUHOVÝ OBJEzd - LITVÍNOVICE



Mapa 2 – měřicí místo č. 2, kruhový objezd Litvínovice [13]

4.2.1 POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTO Č. 2

- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 12:40 – 12:55
- Počasí při měření: jasno, bez větru

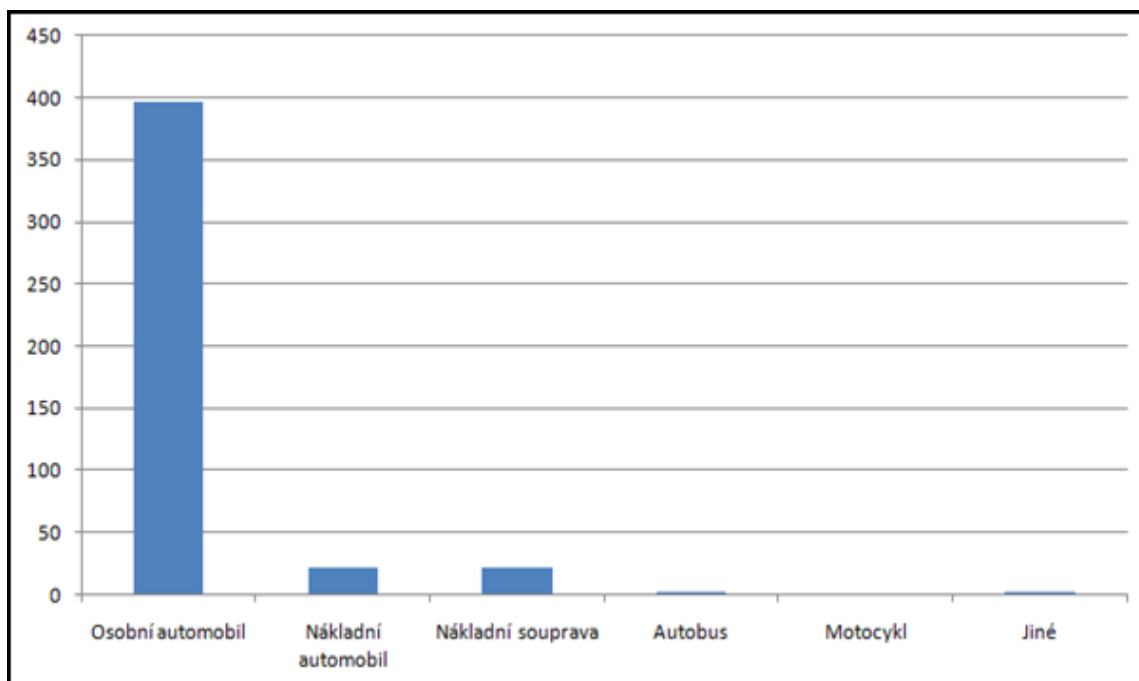
- GPS souřadnice měřicího místa: N 48°57' E 14°27'
- sklon vozovky: rovina
- maximální povolená rychlost v místě měření: 50 km. h⁻¹
- nejbližší obydlená oblast: obec Litvínovice, cca 100m
- okolí měřicího místa: zábradlí, chodník, sloupy veřejného osvětlení, betonové zátarasny tvořící kruhový objezd
- povrch vozovky: nový asfalt bez poškození

Měřicí místo leží u frekventovaného kruhového objezdu, v tomto místě vozidla většinou pohybují v kolonách rychlostí do 50 km. h⁻¹. Vozovka je bez stoupání i bez klesání.

4.2.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 2

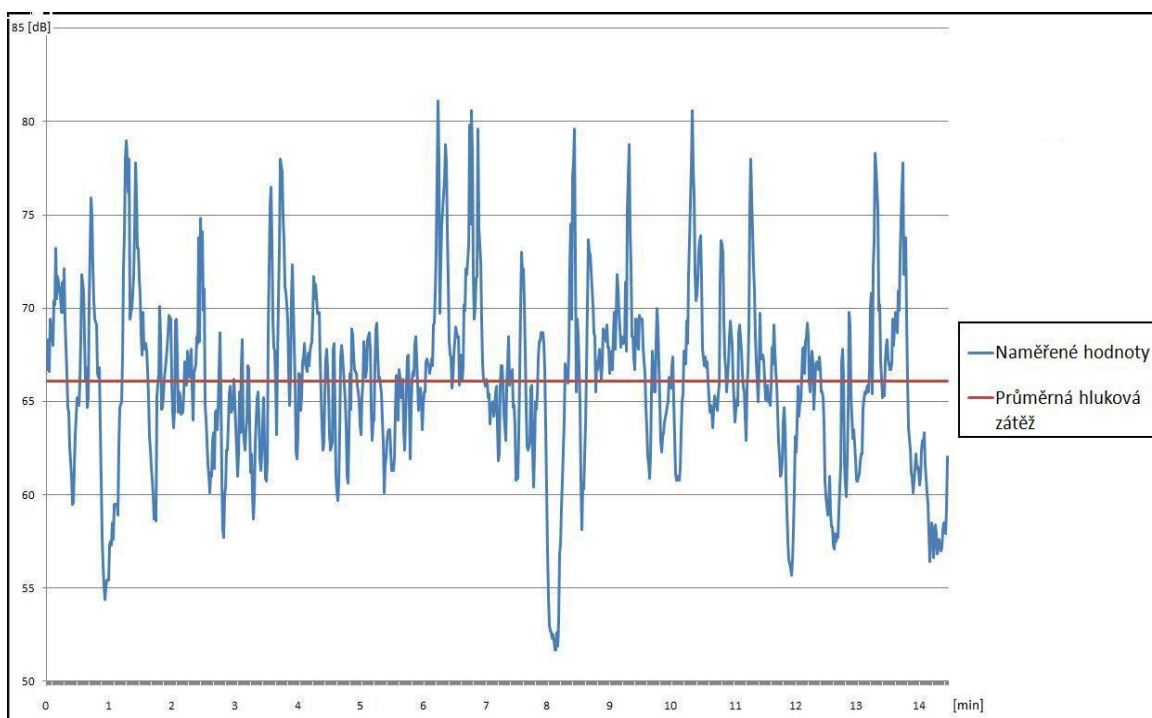
Tabulka 10 - Druh dopravy v měřícím místě č. 2

Druh vozidla	Celkový počet vozidel, která projela kruhovým objezdem
Osobní automobil	397
Nákladní automobil	21
Nákladní souprava	22
Autobus	2
Motocykl	0
Jiné	1
Celkem	443



Graf 3 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č. 2

4.2.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘICÍM MÍSTĚ Č. 2



Graf 4 – Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě č. 2

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 66,08 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 81,1 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 51,7 dB

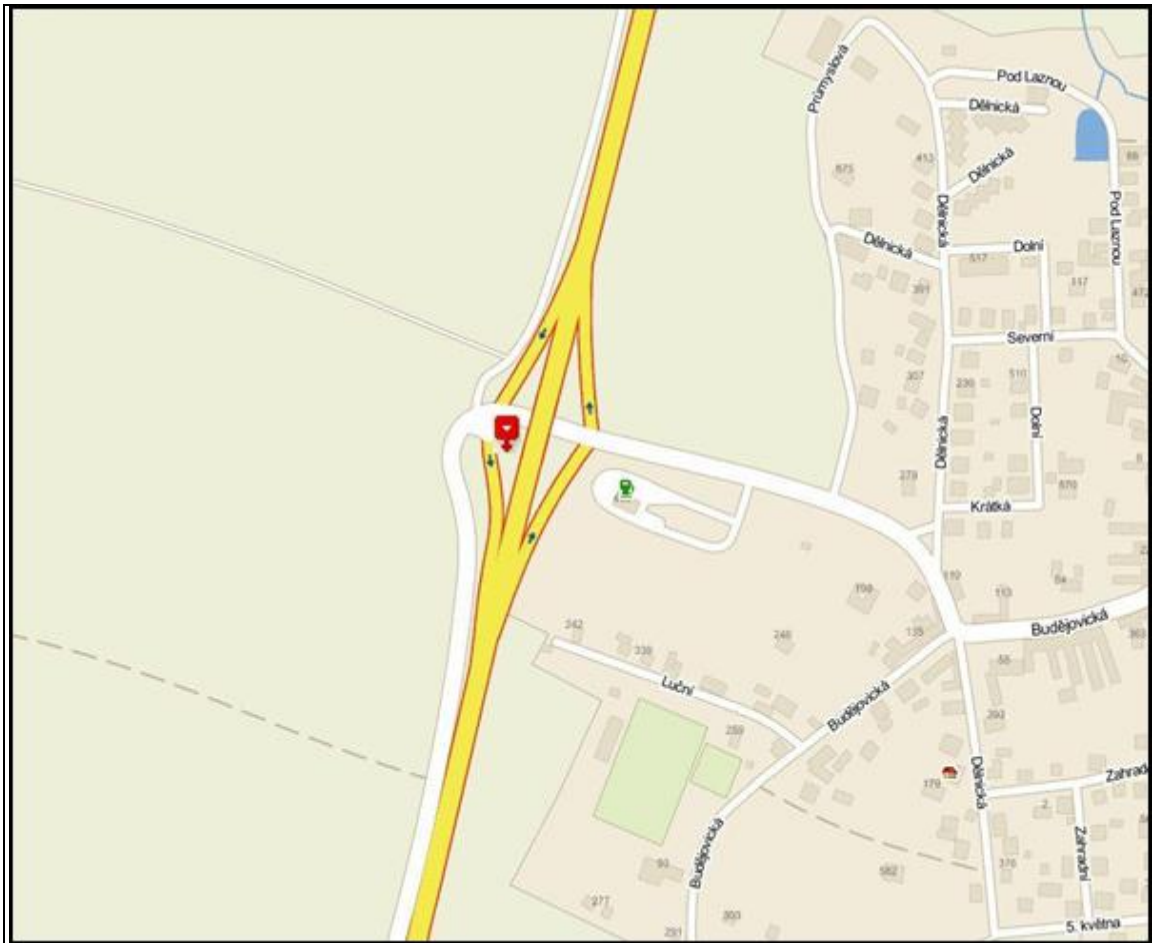
4.2.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 2

V tomto měřícím místě se doprava skládá taktéž převážně z osobních automobilů, nákladních automobilů a nákladních souprav jako v případě měřícího místa č. 1. Podrobnější složení dopravy lze sledovat na grafu 3. Kruhový objezd, na kterém bylo prováděno měření, leží na komunikaci, která je hlavní tepnou mezi Českými Budějovicemi a Českým Krumlovem (resp. Kaplicí). V grafu 4 lze sledovat větší výchylky směrem nahoru, to je vždy způsobeno projíždějící nákladní soupravou, která zde může vyvolat hluk až 81,1 dB. Tento kruhový objezd má malý průměr, proto zde musejí řidiči nákladních souprav hodně zbrzdit, podřadit na nižší převodový stupeň a pak na velké otáčky motoru vykroužit kruhový objezd. Na vzniku hluku u nákladních souprav má i vliv smýkání kol návěsu při projíždění tohoto kruhového objezdu.

4.2.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 2

Zde by mohlo být jako protihlukové opatření použito zvětšení průměru kruhového objezdu, aby se na něj vešlo více vozidel a aby nevznikaly kolony pomalu popojíždějících a rozjíždějících se vozidel. Zvětšení průměru kruhového objezdu by také vyřešilo vznik hlukové zátěže z důvodu smýkání kol návěsů nákladních souprav. Nejelegantnějším řešením by jako v předchozím případě byla dostavba dálnice D3 a tím odklon dopravy, která přes České Budějovice jen projíždí.

4.3 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 3 - SILNICE I. TŘÍDY (E55) – U KAMENNÉHO ÚJEZDU



Mapa 3 – měřicí místo č. 3, silnice I. třídy (E55)-U Kamenného Újezdu [13]

4.3.1 POPIS MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 3

- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 13:40 – 13:55
- Počasí při měření: jasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 48°53' E 14°26'
- sklon vozovky: mírné stoupání vozovky ve směru od Českých Budějovic
- počet jízdních pruhů: celkem 3; z toho 2 ve směru od Českých Budějovic a 1 ve směru do Českých Budějovic
- maximální povolená rychlost v místě měření: 90 km. h⁻¹
- nejbližší obydlená oblast: Obec Kamenný Újezd, cca 200m
- okolí měřicího místa: svodidla, porost mladých listnatých stromů, zábradlí mostu

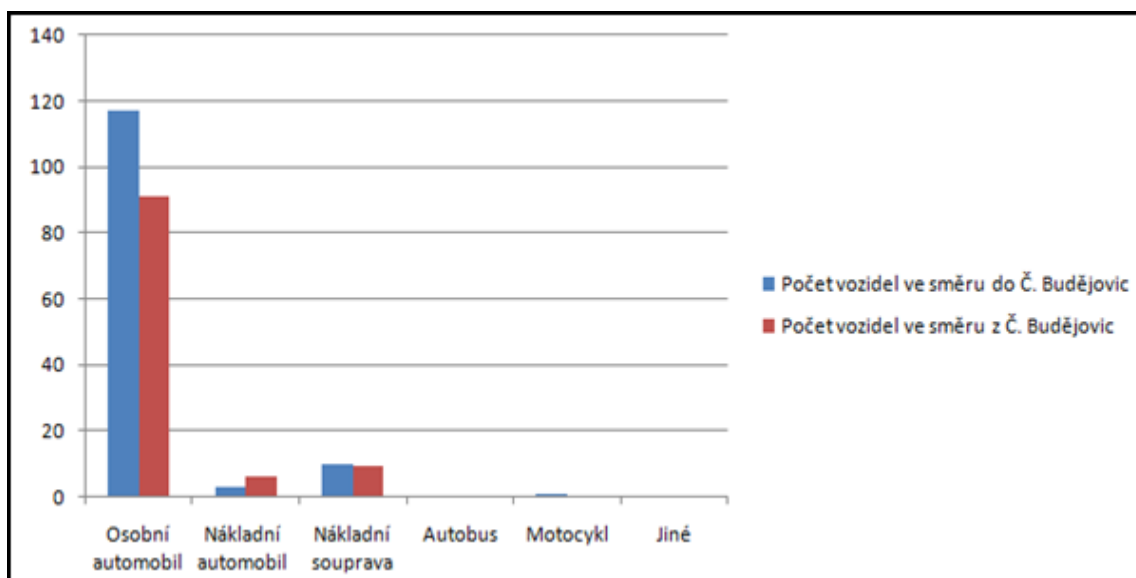
- povrch vozovky: asfalt s mírným poškozením

V okolí tohoto měřicího místa jsou dva pruhy ve směru z Českých Budějovic, které mají mírné stoupání a jeden pruh směrem od Českých Budějovic s mírným klesáním. U silnice je malé odpočívadlo, kde provádíme měření. V okolí měřicího místa jsou dva sjezdy a dva nájezdy. Vedle odpočívadla je pár mladých listnatých stromů. Maximální povolená rychlost je zde 90 km. h⁻¹

4.3.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3

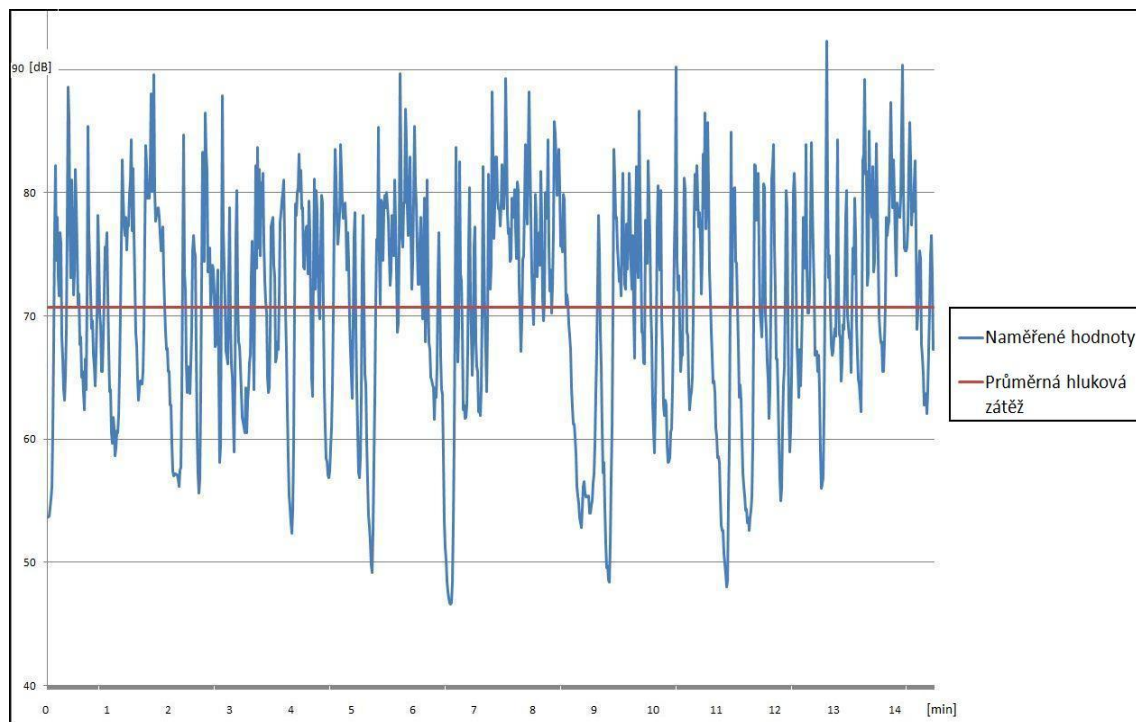
Tabulka 11 - Druh dopravy v měřícím místě č. 3

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru do Č. Budějovic	Počet vozidel ve směru z Č. Budějovic
Osobní automobil	117	91
Nákladní automobil	3	6
Nákladní souprava	10	9
Autobus	0	0
Motocykl	1	0
Jiné	0	0
Celkem	131	106
	237	



Graf 5 – Počet projíždějících vozidel v měřícím místě č. 3

4.3.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 3



Graf 6 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě č. 3

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 70,69 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 92,3 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 46,6 dB

4.3.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 3

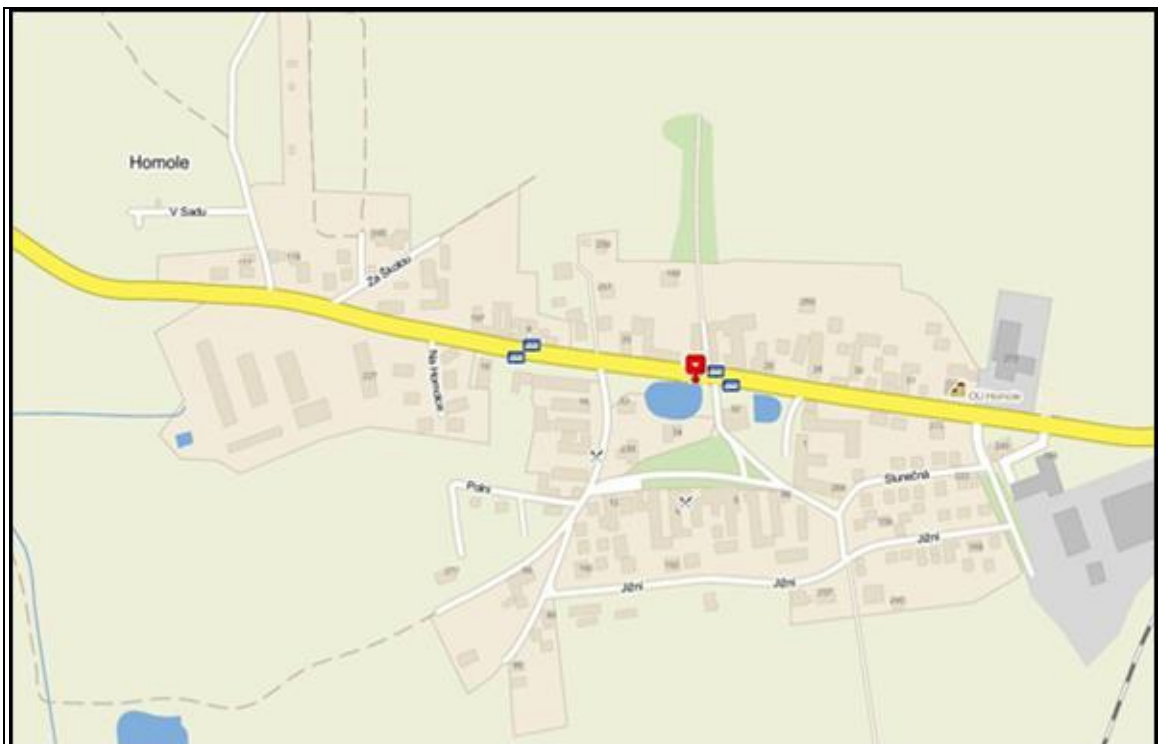
V toto měřícím místě se doprava skládá z osobních automobilů, nákladních automobilů a nákladních souprav viz graf 5. Automobily zde kolem měřícího místa projíždí rychlostí okolo $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, ale nebyly zde výjimkou vozidla projíždějící rychlostí o dost vyšší. Hluk je zde tvořen převážně hlukem odvalujících se pneumatik a hlukem motoru. Ve směru od Českých Budějovic je zde díky dvěma pruhům doprava plynulá, na rozdíl ve směru od Českého Krumlova, resp. Kaplice, kde je pruh jeden a navíc zde není možnost ve směru od Českého Krumlova cca 1km předjíždět a ve směru od Kaplice cca 5 km předjíždět. Právě ve směru od Kaplice se právě kvůli tomu tvoří kolony vozidel za nákladními soupravami nebo za pomaleji jedoucími automobily a to

můžeme vidět i v grafu 6, kde nejsou tolik patrné špičky grafu, ale například mezi 5,5 - 6,5 min a 7,5 - 9 min je zde zřetelně vidět naměřená dlouhodobější hluková zátěž projíždějící dlouhé kolony dopravních prostředků. Maximální hlukové zatížení zde bylo 92,3 dB, které bylo vyvoláno rychle jedoucím motocyklem.

4.3.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 3

Zde může být navrženo jako protihlukové opatření rozšíření vozovky o jeden pruh ve směru do Českých Budějovic, aby nedocházelo ke kolonám za pomaleji jedoucími vozidly a tím pádem aby nedocházelo zatěžování okolí nárazy větší zátěží hluku. Dále bychom zde mohli řešit protihlukové opatření protihlukovou stěnou ve směru na obec Kamenný Újezd a chránit tak tím občany před hlukem.

4.4 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 4 - SILNICE II. TŘÍDY (143) – PRŮJEZD OBCÍ HOMOLE



Mapa 4 – měřicí místo č. 4, silnice II. třídy (143)-Průjezd obcí Homole [13]

4.4.1 POPIS MĚŘÍCÍHO MÍSTA Č. 4

- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 13:10 – 13:25
- Počasí při měření: jasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 48°56' E 14°25'
- sklon vozovky: rovina

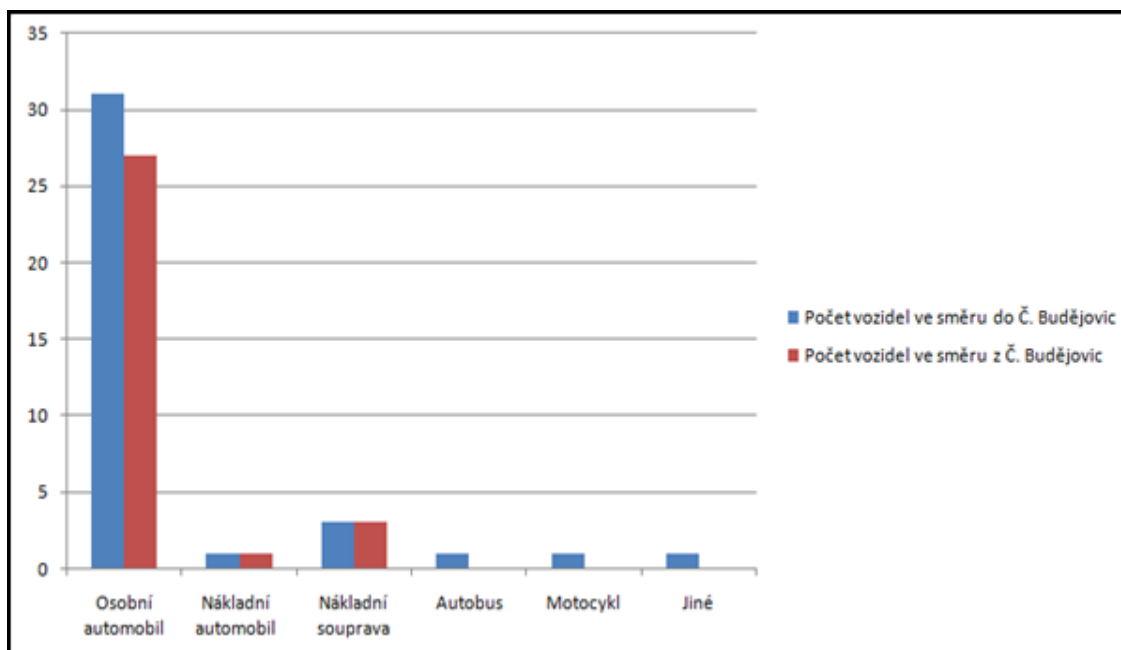
- počet jízdních pruhů: celkem 2
- maximální povolená rychlost v místě měření: 50 km. h⁻¹
- nejbližší obydlená oblast: silnice vede přímo skrz obec Homole
- okolí měřicího místa: stromy, budovy, chodník, zastávka MHD, sloupy elektrického vedení
- povrch vozovky: poškozený asfalt s větším množstvím výtluků

Toto měřicí místo se nachází těsně vedle rybníku přímo v obci Homole, maximální povolená rychlost je zde 50 km. h⁻¹, která je i dokonce ve směru od Českých Budějovic monitorována radarem a řidiči jsou upozorňováni na případné překročení rychlosti.

4.4.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 4

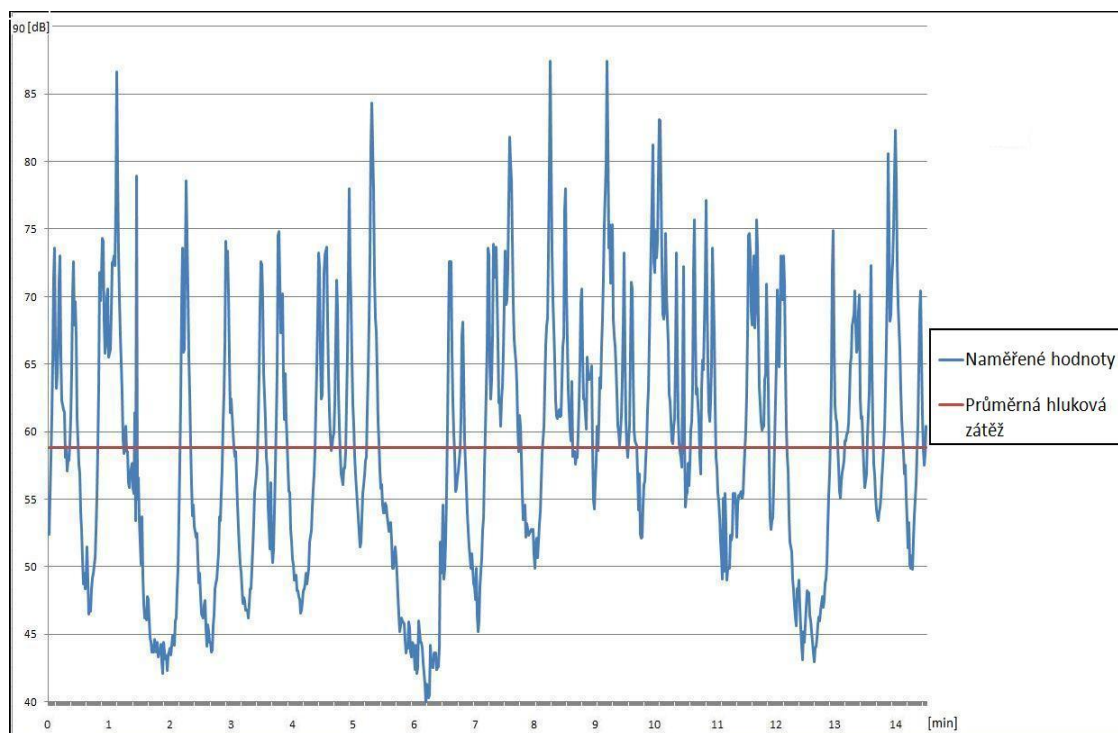
Tabulka 12 - Druh dopravy v měřícím místě č. 4

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru do Č. Budějovic	Počet vozidel ve směru z Č. Budějovic
Osobní automobil	31	27
Nákladní automobil	1	1
Nákladní souprava	3	3
Autobus	1	0
Motocykl	1	0
Jiné	1	0
Celkem	38	31
	69	



Graf 7 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č. 4

4.4.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘICÍM MÍSTĚ Č. 4



Graf 8 – Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě č. 4

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 58,81 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 87,4 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 39,9 dB

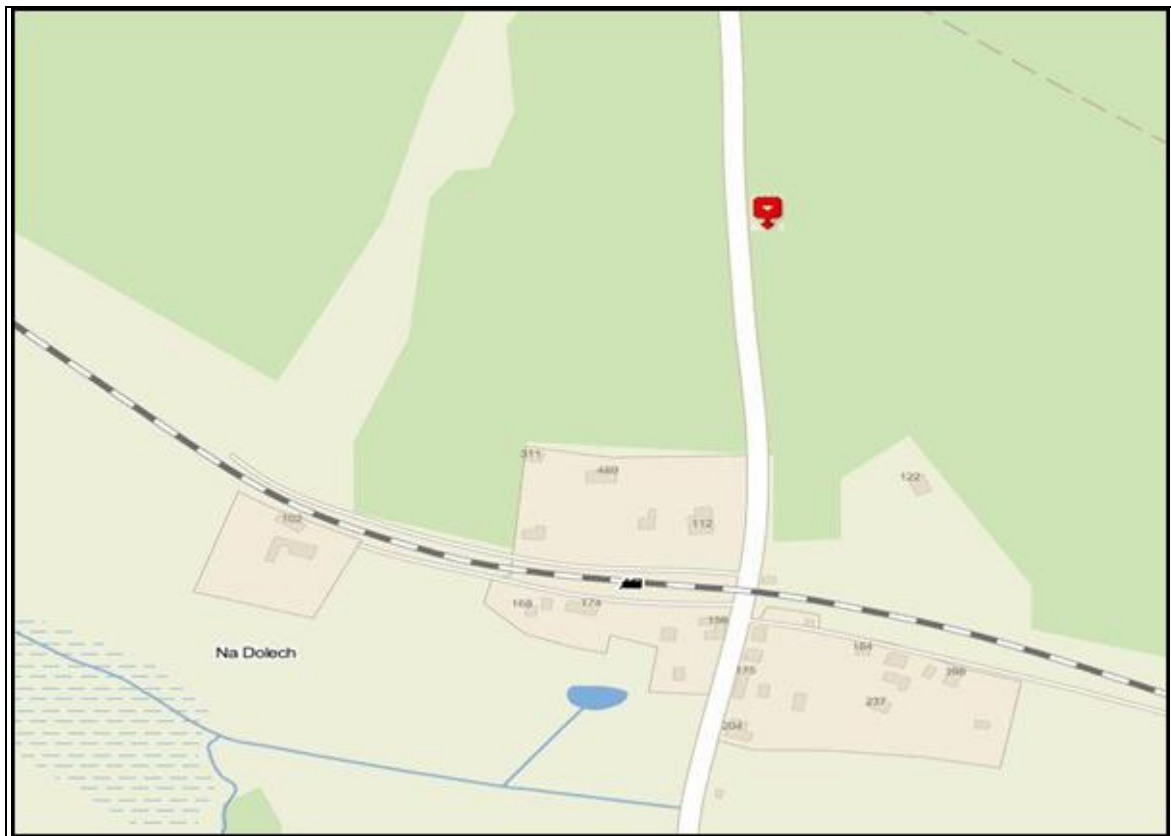
4.4.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCIHO MÍSTA Č. 4

Toto měřicí místo není tolik zatížené dopravou jako tři předchozí jak můžeme vidět v tabulce 6 a grafu 7. Vozidla zde projíždějí většinou do rychlosti 50 km.h^{-1} , která je zde i kontrolována radarem. V grafu 8 přibližně každá špička ukazuje na jednotlivé projíždějící vozidlo, hlukové špičky přesahující 80 dB jsou nákladní soupravy a nákladní automobily, zbytek jsou osobní automobily. Na hluku se zde ve velké míře podílí stav vozovky, která je hrubá s větším množstvím výmolů. U nákladních automobilů a souprav tak dochází k velkým vibračním bočnic a ostatního příslušenství.

4.4.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 4

Zde bychom mohli jako protihlukové opatření využít opravu povrchu vozovky s následnou protihlukovou úpravou např. použití tenkého asfaltového koberce. Dále by zde mohl být stávající stacionární radar vybaven i záznamovým zařízením překročení rychlosti, tím bychom dosáhli toho, že budou řidiči dodržovat stanovenou rychlost jízdy.

4.5 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 5 - SILNICE III. TŘÍDY – KAMENNÝ ÚJEZD – VČELNÁ



Mapa 5 – měřicí místo č. 5, silnice III. třídy-Kamenný Újezd – Včelná [13]

4.5.1 POPIS MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 5

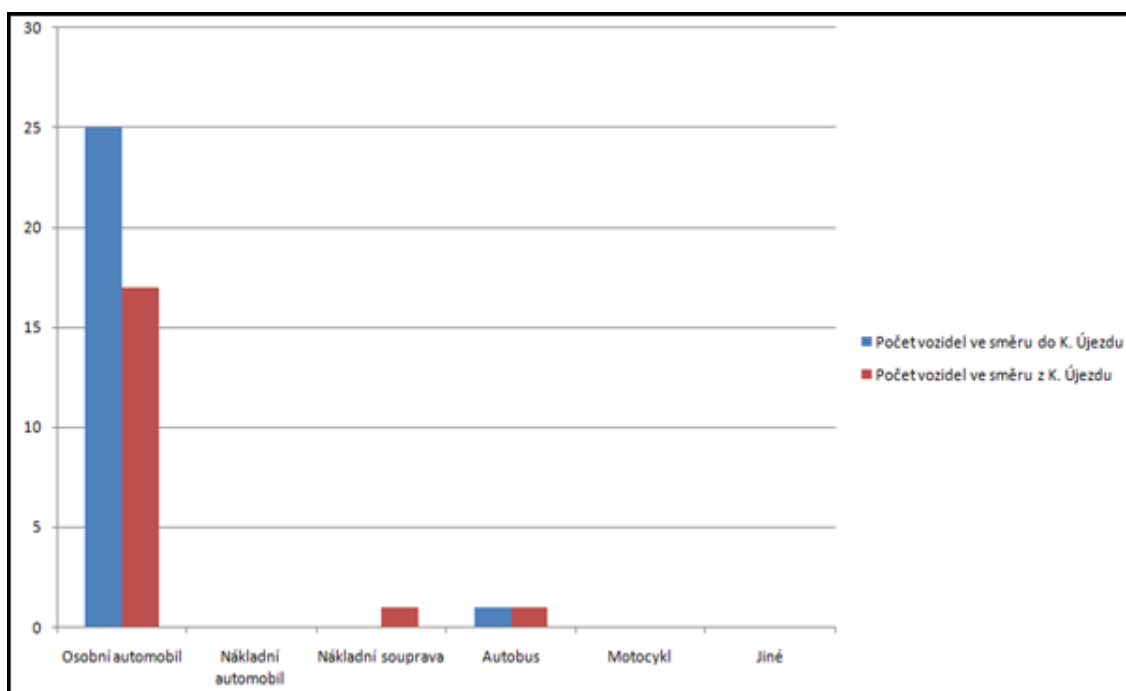
- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 14:10 – 14:25
- Počasí při měření: jasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 48°54' E 14°27'
- sklon vozovky: prudké stoupání ve směru od Kamenného Újezdu
- počet jízdních pruhů: celkem 2; jeden stoupající ve směru od Kamenného Újezdu a druhý klesající ve směru do Kamenného Újezdu
- maximální povolená rychlost v místě měření: 90 km. h⁻¹
- nejbližší obydlená oblast: obec Včelná, cca 600 m
- okolí měřicího místa: z obou stran komunikace hustý smíšený les, železniční přejezd ve vzdálenosti cca 100 m
- povrch vozovky: hrubý asfalt, zbytky posypového materiálu ze zimy

Toto měřicí místo je umístěno na odpočívadle přímo vedle komunikace, je zde velké stoupání ve směru od Kamenného Újezdu a naopak velké klesání v opačném směru. Maximální povolená rychlost je zde 90 km.h⁻¹. V okolí komunikace je z obou stran hustý smíšený les.

4.5.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5

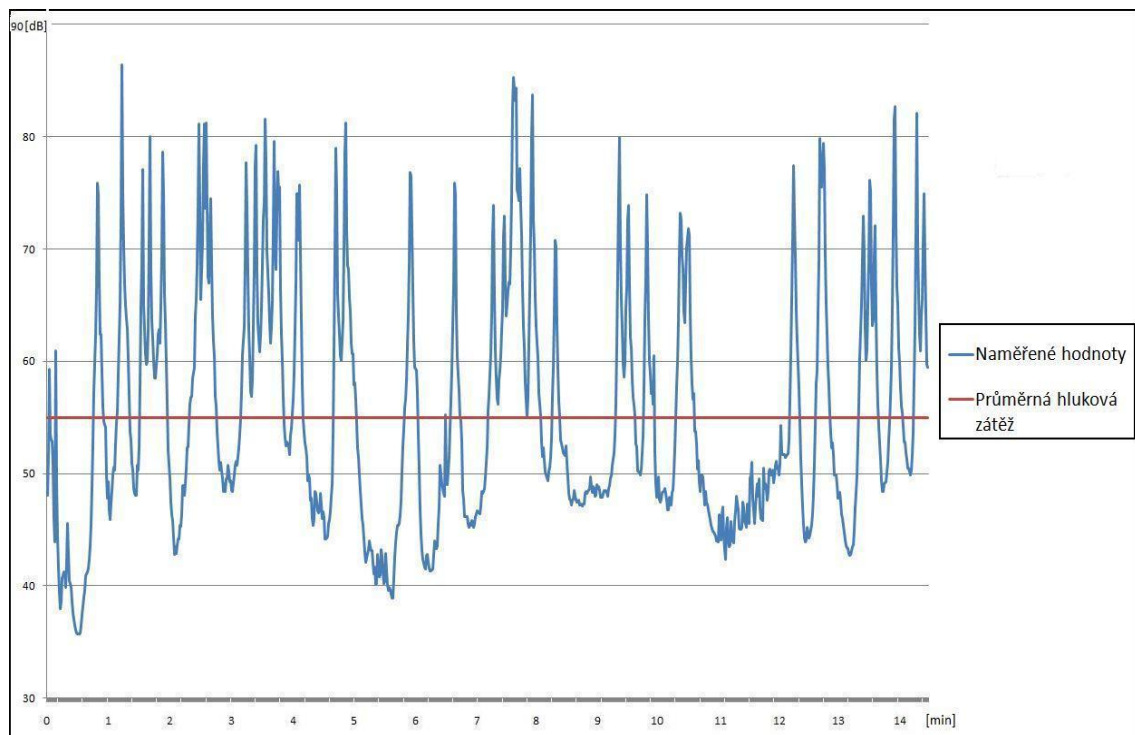
Tabulka 13 - Druh dopravy v měřicím místě č. 5

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru do K. Újezdu	Počet vozidel ve směru z K. Újezdu
Osobní automobil	25	17
Nákladní automobil	0	0
Nákladní souprava	0	1
Autobus	1	1
Motocykl	0	0
Jiné	0	0
Celkem	26	19
	45	



Graf 9 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č. 5

4.5.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 5



Graf 10 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě č. 5

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 54,98 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 86,4 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 35,7 dB

4.5.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTĚ Č. 5

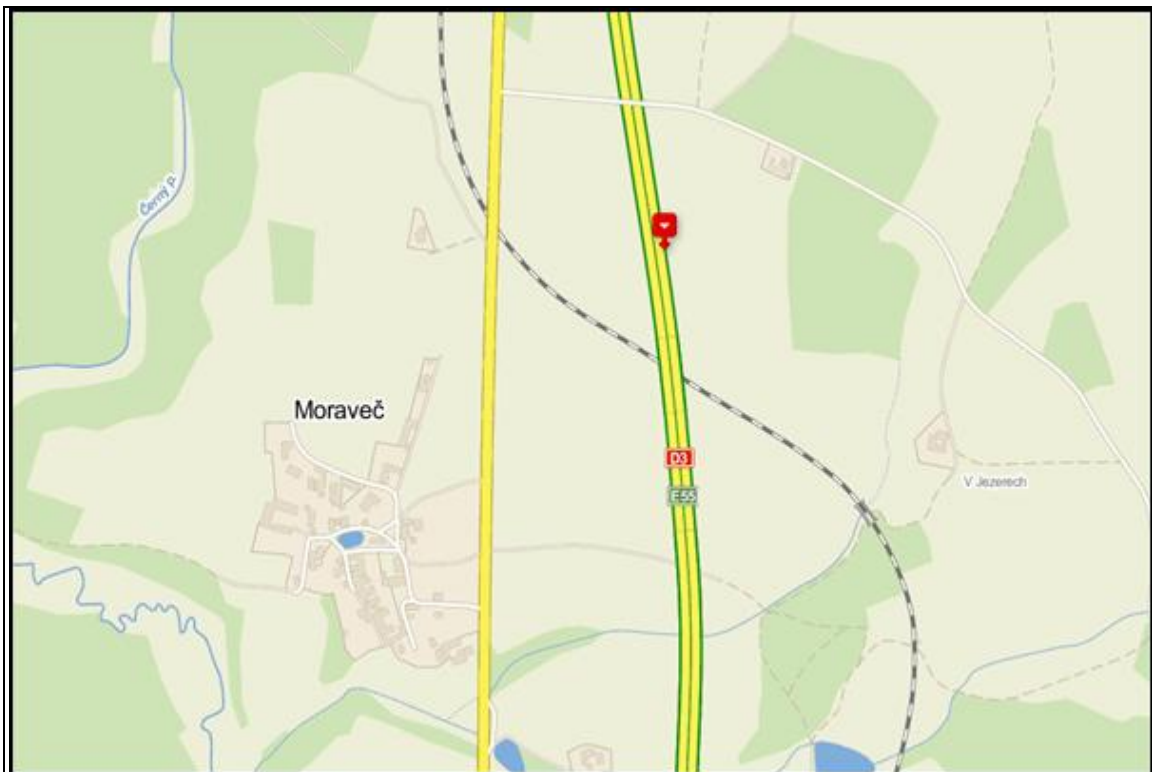
Tato silnice, na které je umístěno měřící místo, byla před několika desítkami let, hlavní tepnou mezi Českými Budějovicemi a Kaplicí. V dnešní době je nahrazena silnicí I. Třídy E55 a převážná většina dopravy je tak z této silnice odkloněna. Doprava je zde složena převážně z osobních automobilů, dále zde projíždějí linkové autobusy, to můžeme vidět na grafu 9. Hluk zde u vozidel způsobuje převážně motor vozidla, jelikož ve směru od Kamenného Újezdu je zde prudké stoupání a tak vozidla jedou na nižší rychlostní stupeň a na vyšší otáčky motoru, v opačném směru způsobuje hluk brzdění motorem a občas pískání brzd. Na velikost hluku zde měl zásluhu i povrch vozovky, jelikož asfalt je zde značně hrubý. Od měřícího místa je asi ve vzdálenosti 100 m železniční přejezd a v době měření tudy projížděl vlak, hluk z něj přístroj

nezaznamenal, ale v grafu 10 je mezi 10 – 13 minutou vidět prodleva, v té době automobily dávaly přednost projíždějícímu vlaku. Maximální hlukovou zátěž v tomto místě způsobila nákladní souprava jedoucí do stoupání.

4.5.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 5

Zde nejsou potřeba provádět nějaká zásadnější protihluková opatření, jelikož zde není velký provoz a průměrná hluková zátěž je zde pouze 54,98 dB. Mohli bychom akorát doporučit odstranění zbytků posypového materiálu, který zbyl po zimě na vozovce.

4.6 MĚŘICÍ MÍSTO Č. 6 - DÁLNIČE (D3)



Mapa 6 – měřicí místo č. 6, dálnice (D3) [13]

4.6.1 POPIS MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 6

- Datum a čas měření: 7. 3. 2011, 15:48 – 16:03
- Počasí při měření: jasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 69°39' E 14°39'
- sklon vozovky: mírné stoupání ve směru od Tábora
- počet jízdních pruhů: celkem 4, oddělené párem svodidel

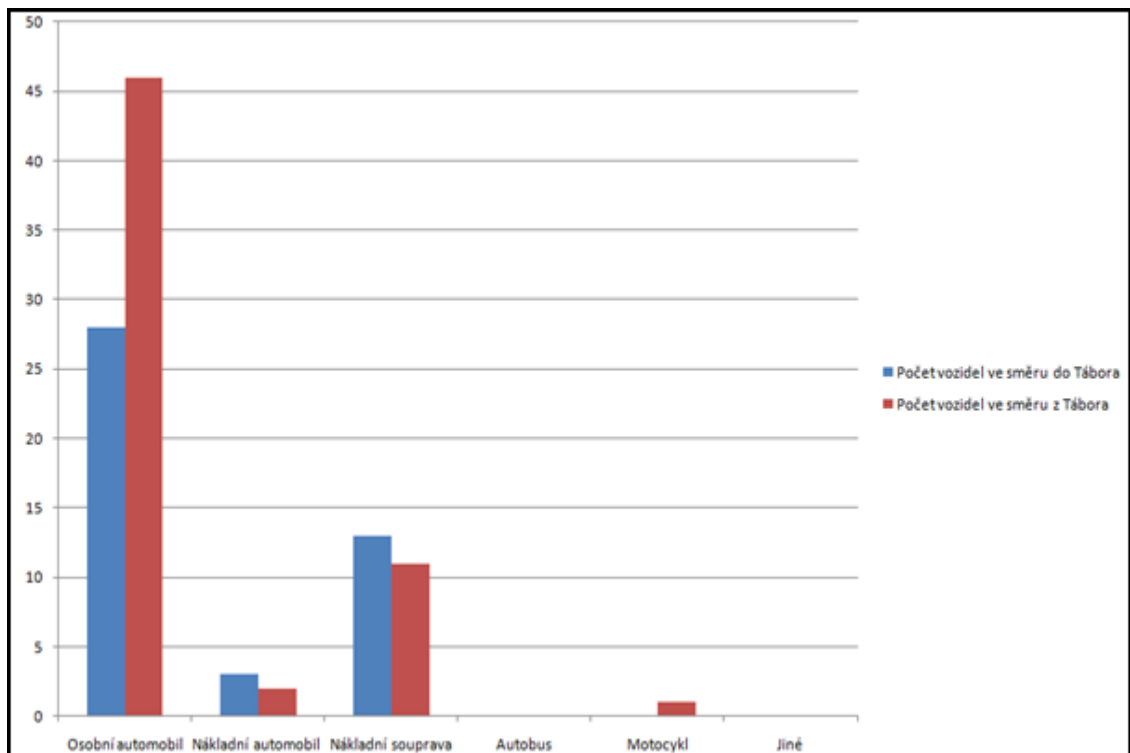
- maximální povolená rychlost v místě měření: OA, A, Motocykly 130 km.h⁻¹, NA, NS 80 km.h⁻¹
- okolí měřicího místa: svodidla
- povrch vozovky: nový asfalt

Toto měřicí místo je umístěno hned vedle dálnice D3 v odstavném pruhu, v tomto místě je dálnice pod úrovní terénu a ve směru od Tábora je zde mírné stoupání.

4.6.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 6

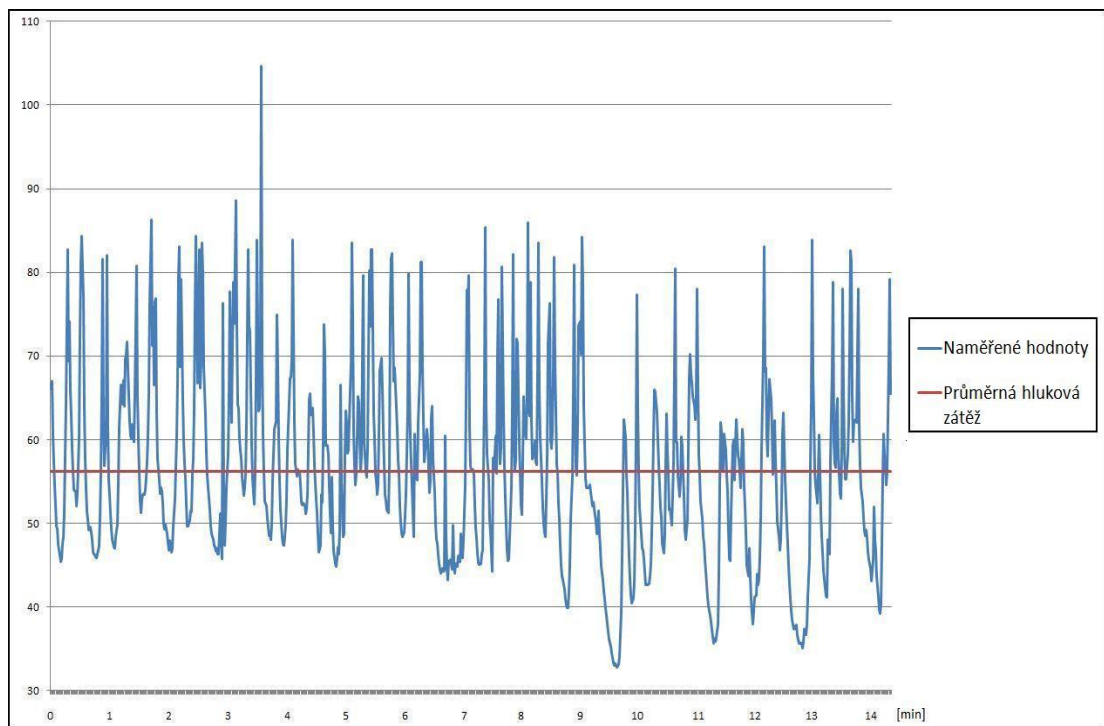
Tabulka 14 - Druh dopravy v měřícím místě č. 6

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru do Tábora	Počet vozidel ve směru z Tábora
Osobní automobil	28	46
Nákladní automobil	3	2
Nákladní souprava	13	11
Autobus	0	0
Motocykl	0	1
Jiné	0	0
Celkem	44	60
	104	



Graf 11 – Počet projíždějících vozidel v měřicím místě č. 6

4.6.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 6



Graf 12 – Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě č. 6

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 56,19 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 104,6 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 32,8 dB

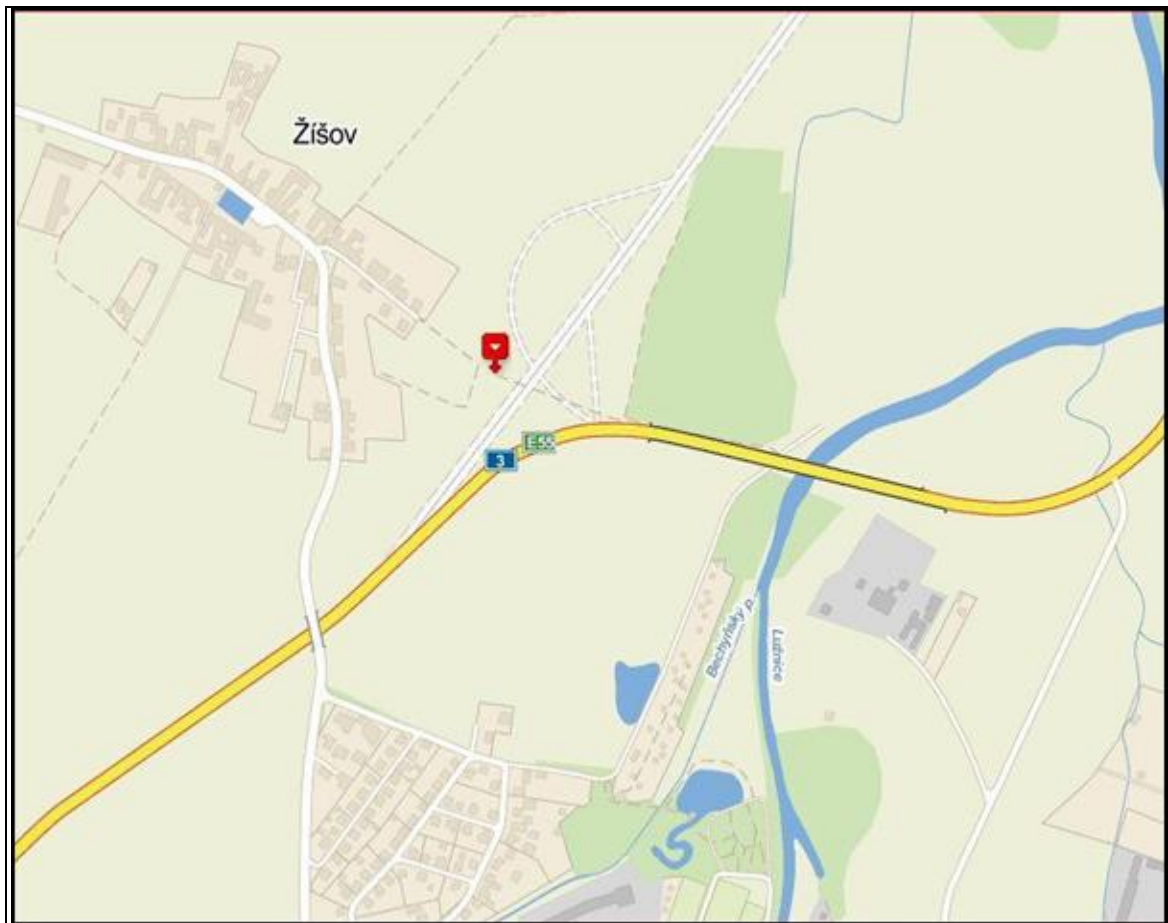
4.6.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 6

Doprava v tomto měřícím místě je složena převážně z osobních automobilů a nákladních souprav jak lze pozorovat na grafu 11. Osobní vozidla se zde pohybují většinou rychlostí okolo $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a nákladní automobily a soupravy okolo $70 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, což je způsobeno mírným stoupáním ve směru od Tábora. Na grafu 12 na první pohled vidíme veliký rozsah hodnot od 30 dB do 105 dB, to je způsobeno tím, že osobní vozidla projížděla okolo měřícího zařízení vysokou rychlostí, tzn., byl klid, osobní automobil byl cca 80 m daleko, za 2 sekundy projel kolem měřícího zařízení, které zaznamenalo hodnotu, a opět za další 2 sekundy už byl 80 m daleko a měřící zařízení naměřilo minimální hodnoty. Veliké vychýlení v grafu č. 12 v cca 3,5 min, které dosahovalo maximální hodnoty 104,6 dB bylo způsobeno projíždějícím motocyklem, jeho rychlost jsem odhadoval na cca $200 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

4.6.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 6

Jelikož dálnice D3 byla nedávno dokončena, jsou zde již všechny protihlukové opatření provedeny. Je zde protihlukový val, ve kterém je zasazen mladý porost. Dále je zasazen i porost mezi středovými svodidly. Průměrná hluková zátěž je zde 56,19 dB.

4.7 MĚŘÍCÍ MÍSTO Č. 7 - ÚČELOVÁ KOMUNIKACE – STAVBA DÁLNIČE (D3)



Mapa 7 – měřicí místo č. 7, účelová komunikace – stavba dálnice D3 [13]

4.7.1 POPIS MĚŘICÍHO MÍSTA Č. 7

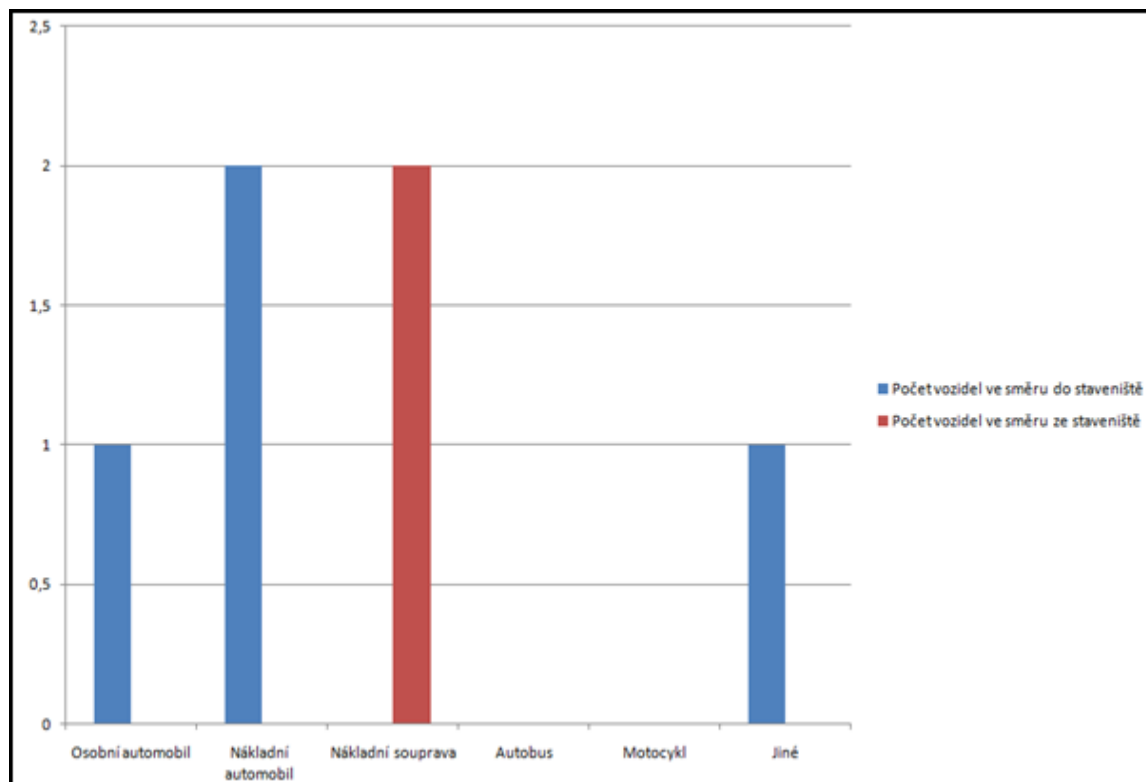
- Datum a čas měření: 8. 3. 2011, 09:00 – 09:15
- Počasí při měření: polojasno, bez větru
- GPS souřadnice měřicího místa: N 49°11' E 14°41'
- sklon vozovky: rovina
- počet jízdních pruhů: celkem 1
- maximální povolená rychlost v místě měření: neudáno
- nejbližší obydlená oblast: město Veselí nad Lužnicí, cca 5km
- okolí měřicího místa: hromady navezené hlíny
- povrch vozovky: uvalcovaný štěrk v několika vrstvách, promíchaný s hlínou, vyskytuje se zde veliké množství výtluků

Toto měřicí místo je umístěno hned vedle účelové komunikace, po které jezdí převážně nákladní automobily, nákladní soupravy nebo stavební stroje. Tato komunikace slouží ke stavbě dálnice D3.

4.7.2 DRUH DOPRAVY V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 7

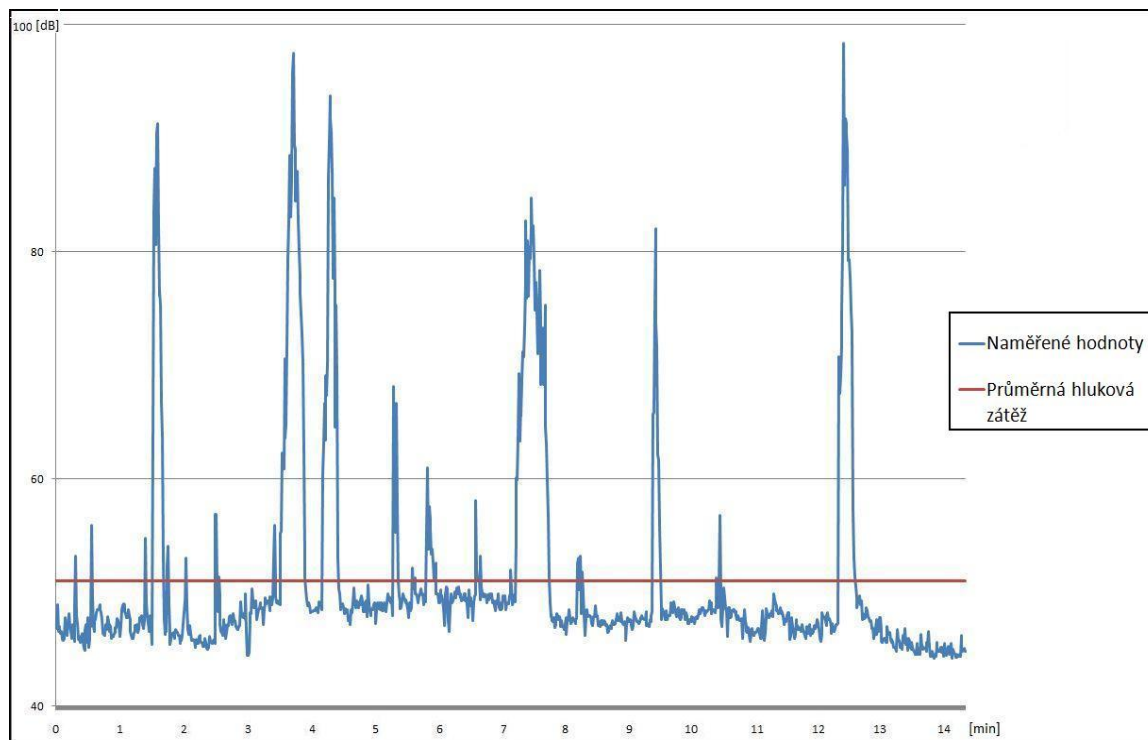
Tabulka 15 - Druh dopravy v měřícím místě č. 7

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru do staveniště	Počet vozidel ve směru ze staveniště
Osobní automobil	1	0
Nákladní automobil	2	0
Nákladní souprava	0	2
Autobus	0	0
Motocykl	0	0
Jiné	1	0
Celkem	4	2
	6	



Graf 13 – Počet projíždějících vozidel v měřícím místě č. 7

4.7.3 VÝSLEDKY MĚŘENÍ HLUKU V MĚŘÍCÍM MÍSTĚ Č. 7



Graf 14 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě č. 7

Průměrná hluková zátěž měřeného místa: 51,05 dB

Maximální hluková zátěž měřeného místa: 98,4 dB

Minimální hluková zátěž měřeného místa: 44,2 dB

4.7.4 ROZBOR VÝSLEDKŮ MĚŘÍCÍHO MÍSTĚ Č. 7

V tomto měřícím místě není takový provoz, jak je patrné z grafu 13, jelikož se jedná o účelovou komunikaci, která slouží ke stavbě dálnice D3. Dopravní prostředky se skládají převážně z nákladních automobilů, nákladních souprav a stavebních strojů. Na grafu 14 lze pozorovat veliké vychýlení, jedná se o to, že normálně je v měřícím místě hluk okolo 47 dB a když okolo projíždí nějaké vozidlo, dosahují hodnoty až 98,4 dB. Tak vysoké hodnoty jsou způsobeny tím, že povrch vozovky se skládá, jak již bylo výše zmíněno, z hlíny a štěrku s množstvím výmolů. Na tomto povrchu dochází k velikému valivému hluku, dále k vysoké hladině hluku přispívají vibrace bočnice korby a ostatního příslušenství projíždějícího vozidla.

4.7.5 NÁVRH PROTIHLUKOVÉHO OPATŘENÍ V MÍSTĚ Č. 7

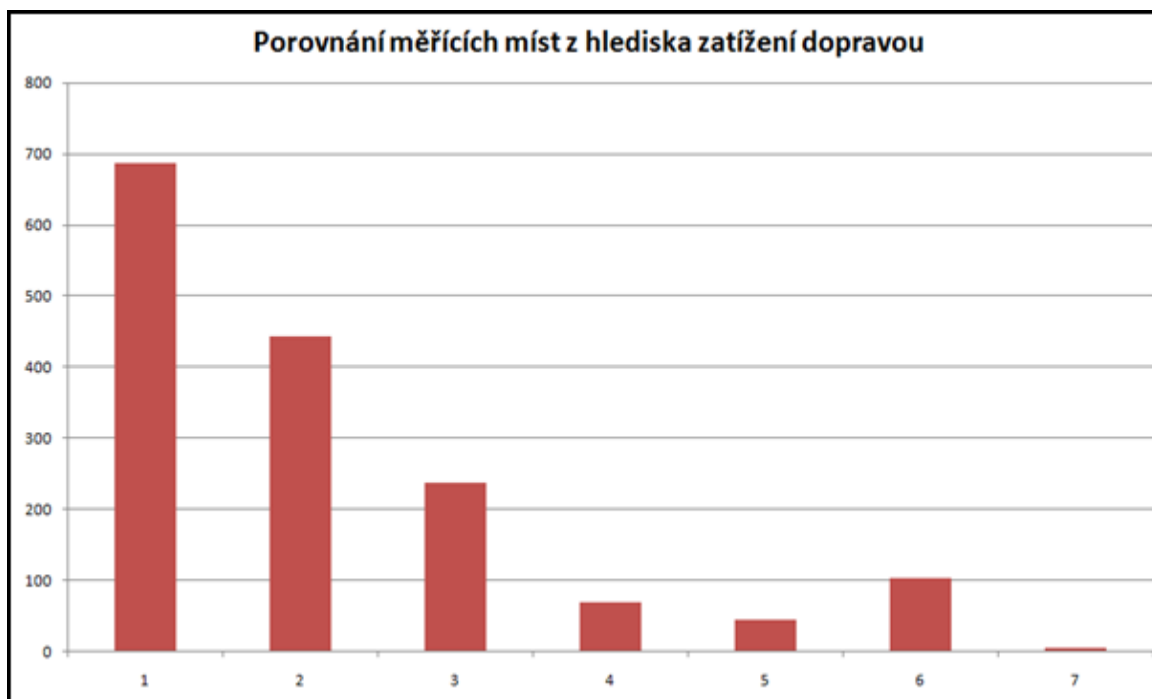
Tato komunikace je pouze účelová a po dokončení stavby určitého úseku dálnice D3 bude zrušena. Jako protihlukové opatření by zde mohla být navržena oprava povrchu komunikace a použití jemnějšího materiálu na vrchní vrstvu.

5 ZÁVĚR

5.1 POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘICÍCH MÍST Z HLEDISKA ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

Tabulka 16 – Porovnání všech měřicích míst z hlediska zatížení dopravou

Měřicí místo č.:	Osobní automobil	Nákladní automobil	Nákladní souprava	Autobus	Motocykl	Jiné	Celkem
1	629	24	22	10	0	2	687
2	397	21	22	2	0	1	443
3	208	9	19	0	1	0	237
4	58	2	6	1	1	1	69
5	42	0	1	2	0	0	45
6	74	5	24	0	1	0	104
7	1	2	2	0	0	1	6

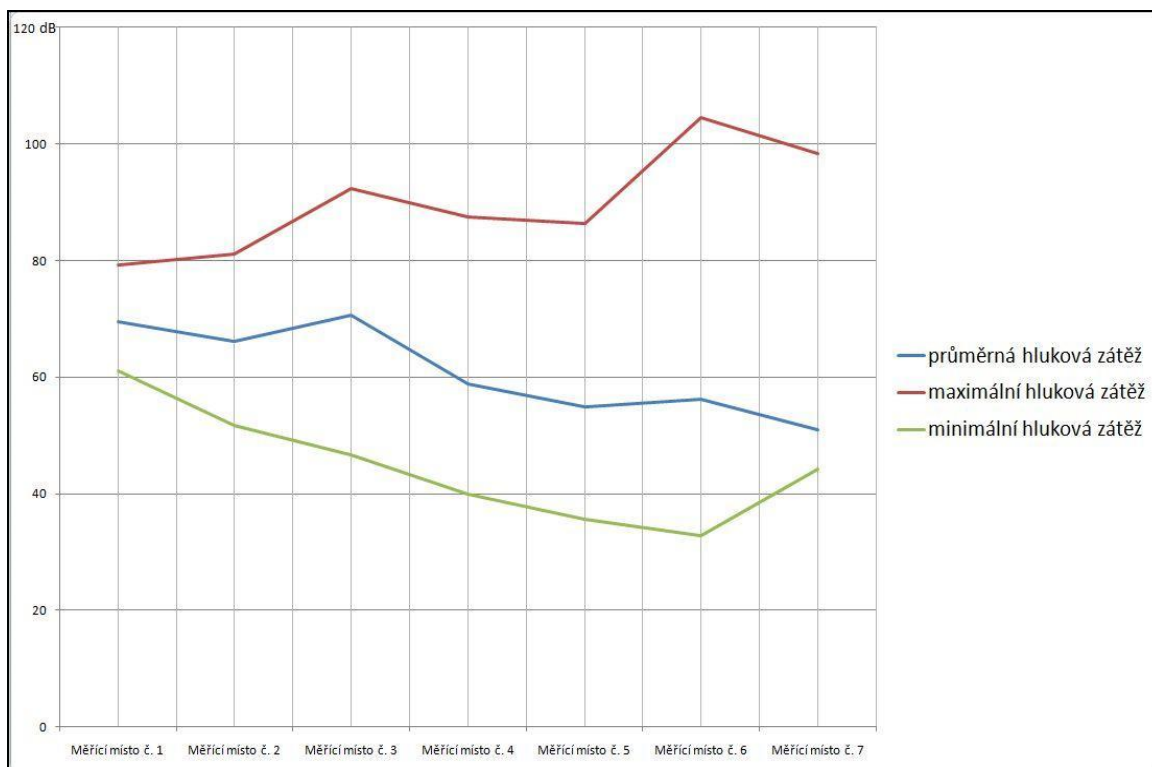


Graf 15 – Porovnání měřících míst z hlediska zatížení dopravou

5.2 POROVNÁNÍ VŠECH MĚŘÍCÍCH MÍST Z HLEDISKA HLUKOVÉ ZÁTĚŽE

Tabulka 17 – Porovnání všech měřících míst z hlediska zatížení hlukem

	průměrná hluková zátěž	maximální hluková zátěž	minimální hluková zátěž
Měřící místo č. 1	69,58 dB	79,3 dB	61 dB
Měřící místo č. 2	66,08 dB	81,1 dB	51,7 dB
Měřící místo č. 3	70,69 dB	92,3 dB	46,6 dB
Měřící místo č. 4	58,81 dB	87,4 dB	39,9 dB
Měřící místo č. 5	54,98 dB	86,4 dB	35,7 dB
Měřící místo č. 6	56,19 dB	104,6 dB	32,8 dB
Měřící místo č. 7	51,05 dB	98,4 dB	44,2 dB



Graf 16 – Porovnání měřících míst z hlediska zatížení hlukem

5.3 ROZBOR VŠECH VÝSLEDKŮ

Jak bylo uvedeno v úvodu, prvotním cílem práce byla analýza hluku dopravních prostředků v závislosti na dopravním prostředí, jakožto osobních automobilů, nákladních automobilů, autobusů, motocyklů aj., v závislosti na charakteru dopravní trasy, kde hraje roli počet projíždějících vozidel, rychlost vozidel a povrch vozovky.

Díky sčítání projíždějících vozidel během samotného měření, si můžeme udělat lepší obrázek o tom, kolik vozidel se přímo podílí na naměřené hlukové zátěži jednotlivých míst a pak snáze navrhnout efektivní protihluková opatření.

Z výsledků měření musí být poukázáno na hrozby, které s sebou hluk přináší. Ukázalo se, že hladina hluku poblíž měřících míst překračuje nejvyšší přípustné hodnoty pro denní dobu. Měřením bylo zjištěno, že v denní době dosahuje ekvivalentní hladina hluku hodnot v 1. měřícím místě 69,58 dB a tím překračuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A pro den o téměř 20 dB^{*)}, v 2. měřícím místě dosahuje hodnot 66,08 dB a překračuje tak o 16 dB*), dále ve 3. měřícím místě

^{*)} Hygienický limit stanovuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A ve venkovním prostředí pro den 50 dB, pro noc 40 dB

překračuje o 21 dB*), ve 4. měřícím místě o 8 dB*), v 5. měřícím místě o 5 dB*), v 6. měřícím místě o 6 dB*) a v 7. měřícím místě překračuje o 1 dB*). Při dlouhodobé expozici obyvatel žijících v přilehlé zástavbě tímto hlukem, tak může docházet k některým výše uvedeným negativním účinků hluku přímo na jejich zdraví, jak bylo výše uvedeno v kapitole 2.2.3. Vliv hluku na lidský organismus.

Třetím a posledním úkolem této práce byly orientační návrhy protihlukových opatření, které by snížily účinky hluku v daných měřících místech. V kapitole 2.8. Snížování hluku – protihluková opatření, je uvedeno hned několik příkladů, jak by mohla protihluková opatření vypadat a pak dále u každého měřícího místa je uveden přibližný návrh pro dané místo.

6 SOUHRN - SUMMARY

In this work, I analyzed the noise of traffic means, ie. cars, trucks, truck sets, busses and motorcycles moving on the road in dependence on the character of the routes, where the cardinal role present: number of passing vehicles, vehicle speed, weather, surface and road condition. Based on this analysis, I produced a summary of findings about the level of noise emissions at individual measuring points, processed them into tables and I made suggestions of noise enclosure measures.

KLÍČOVÁ SLOVA: hluk, hluková zátěž, analýza hluku, dopravní zařízení, hlukové emise, protihluková opatření

KEY WORDS: noise, noise pollution, noise analysis, transportation equipment, noise emission, noise abatement measures

7 POUŽITÁ LITERATURA

[1] HLAVŇA, V. a kol Dopravný prostriedok a životné prostredie. Žilina: Ediční středisko VŠDS, 1996. 215 s.

[2] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (Č.j.HEM-300-11.12.01-34065)., Ministerstvo zdravotnictví – Hlavní hygienik ČR, 2001

[3] NOVÝ, R.: Hluk a chvění, 1. Vyd., Praha, Vydavatelství ČVUT 1995, 389 s.

[4] Radenberg, M., Sander, R.: Lärmtechnisch optimiertes Asphaltdecksichtkonzept für den kommunalen Straßenbau. Asphalt 8/2007

[5] Sběrka zákonů č. 502 / 2000 - Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

INTERNET

[6] <http://www.betontks.cz/casopis/2005-6/30.pdf>

[7] <http://www.czechcomputer.cz/product>

[8] <http://www.eurovia.cz/cs/home>

[9] <http://foto.ceskedalnice.cz/nase-foto/vizual/d1/exit-4/slides/d1-exit4-val-03.html>

[10] <http://www.geomat.cz/system-tensartech-greenslope/377>

[11] <http://www.hluk.eps.cz>

[12] <http://www.hluk2009.cz/fotogalerie.html>

[13] <http://www.mapy.cz>

[14] <http://www.pha.inecnet.cz/hdspraha>

[15] http://shop.conrad.cz/websale7/?shopid=conrad-cz&act=product&prod_number=100031

[16] <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky/>

[17] <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-258-2000-sb-o-ochrane-verejneho-zdravi-a-o-zmene-nekterych-souvisejicich-zakonu>

[18] http://www.zdrav.cz/web/zakony/zak_2000/cit_502_00.htm