

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Anna Šiková

**POSOUZENÍ MIGRAČNÍCH PROFILŮ ŽEHUŇ A
VOLEČ Z HLEDISKA HLUKU**

Bakalářská práce

2015



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K612..... Ústav dopravních systémů

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Anna Šiklová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Posouzení migračních profilů Žehuň a Voleč
z hlediska hluku**

Název tématu (anglicky): **Assessing of Migration Profiles Zehun and Volec in Term of
Noise**

Zásady pro vypracování

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


- Úvod, cíle práce
- Rešerše k danému tématu
- Vliv dopravní infrastruktury na životní prostředí
- Celkový vliv rušení - hluk, osvětlení
- Terénní průzkum vybraných objektů, jejich popis a charakteristika
- Výběr vhodných měřicích míst
- Měření hluku v blízkosti migračních objektů a v různých vzdálenostech od komunikace
- Vyhodnocení naměřených dat
- Závěr, doporučení

- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Nařízení vlády 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
Technické podmínky TP 180: Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy, 2006
Technické podmínky TP 181: Hodnocení průchodnosti území pro liniové stavby, 2006

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

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

Datum odevzdání bakalářské práce: **24. srpna 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


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




prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Anna Šiklová
jméno a podpis studenta

V Praze dne 25. června 2014

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi pomohli při přípravě této bakalářské práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Bc. Kristýně Neubergové, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a poskytnutí potřebných materiálů. Dále bych ráda poděkovala Ing. Liboru Ládyšovi za odborné rady a konzultace k problematice hluku.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala rodině a všem svým blízkým, kteří mi poskytli cenné rady a byli mi ochotni kdykoliv pomoci po celou dobu mého dosavadního studia.

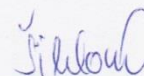
Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Praze dne 18. srpna 2015



.....
Rodpis

Abstrakt

Cílem této práce bylo zhodnocení hlukové zátěže na dvou vybraných migračních objektech na dálnici D11 Žehuň a Voleč.

Měření probíhalo na obou mostech v několika různých bodech tak, aby byla změřena hluková zátěž jak na ekoduktu, tak i v přístupových prostorech. Následně byla zhodnocena teoretická funkčnost objektů z hlediska hluku, stavebního provedení a nočního osvětlení. V poslední části došlo k porovnání obou objektů a navržení možných úprav ke zlepšení funkčnosti těchto staveb.

Klíčová slova

hluk, ekodukt, fragmentace, migrace, průchodnost, zvířata, osvětlení, protihluková stěna, oplocení, zvukoměr

Abstract

The aim of the thesis is to evaluate noise pollution on migration objects on the highway D11 Žehuň and Voleč.

The measurements were carried out on both landscape bridges at several different points to be measured noise pollution both on landscape bridges and access areas. It was subsequently evaluated theoretical functionality of these objects in term of noise, structural construction and nighttime lighting. In the last part was to compare both objects and propose possible amendments to improve the functionality of these structures.

Key words

noise, landscape bridge, fragmentation, migration, throughput, animals, lighting, anti-noise wall, fence, sound level meter

Obsah

Obsah.....	5
1 Úvod.....	7
2 Vliv dopravy na životní prostředí.....	8
2.1 Hluk a vibrace.....	8
2.2 Znečištění vody.....	9
2.3 Znečištění půdy.....	9
2.4 Znečištění ovzduší.....	9
2.5 Vliv na faunu a flóru.....	10
3 Průchodnost území.....	11
3.1 Fragmentace.....	11
3.2 Migrace.....	11
3.3 Dálkové migrační koridory.....	12
3.4 Migrační objekty.....	13
3.5 Ekodukty v ČR a v zahraničí.....	14
4 Hluk a osvětlení – obecně.....	16
4.1 Hluk.....	16
4.1.1 Hlasitost.....	16
4.1.2 Opatření ke snížení hluku.....	17
4.2 Osvětlení.....	18
5 Funkčnost migračního objektu.....	19
5.1 Vliv osvětlení a hluku.....	19
5.2 Ostatní prvky.....	19
6 Popis a charakteristika objektů.....	20
6.1 Ekodukt Žehuň.....	20
6.1.1 Základní údaje.....	20
6.1.2 Popis ekoduktu.....	20
6.1.3 Problémy.....	22
6.2 Ekodukt Voleč.....	22
6.2.1 Základní údaje.....	22
6.2.2 Popis mostu.....	23
6.2.3 Problémy.....	24
7 Měření – obecně.....	26
7.1 Použitá měřicí technika.....	26
7.2 Situování měřících míst – obecný popis.....	26

7.3	Základní zjišťované údaje	27
7.3.1	Akustické údaje	27
7.3.2	Neakustické údaje	27
8	Měření na ekoduktech	28
8.1	Ekodukt Žehuň	28
8.1.1	Popis měřících bodů	28
8.2	Ekodukt Voleč.....	29
8.2.1	Popis měřících bodů	29
8.3	Provoz na komunikaci.....	31
9	Naměřená data	32
9.1	Ekodukt Žehuň	32
9.1.1	Naměřené hodnoty	32
9.1.2	Slovní interpretace.....	32
9.2	Ekodukt Voleč.....	34
9.2.1	Naměřené hodnoty	34
9.2.2	Slovní interpretace.....	34
9.3	Srovnání	35
9.4	Vyhodnocení.....	36
10	Osvětlení na ekoduktech.....	38
10.1	Světelné rušení.....	38
10.2	Ekodukt Žehuň	38
10.3	Ekodukt Voleč.....	39
11	Závěr.....	40
12	Použité zdroje:	42
12.1	Literatura	42
12.2	Internetové zdroje:.....	42

1 Úvod

Jak v průběhu minulých století přibývalo obyvatel, rostl postupně i počet jejich vzájemných kontaktů, které vyžadovaly stále více přesunů na kratší i delší vzdálenosti. Drtivá většina všech těchto přesunů v minulosti i dnes je uskutečňována po zemi, po pozemních komunikacích. Čím větší hustota osídlení krajiny a vyšší míra industrializace, tím je potřeba hustší sítě pozemních komunikací. Postupem času jsou na přesuny osob, zboží a různých komodit kladeny stále vyšší požadavky. Rozhodující je pohodlí, rychlost a bezpečnost. To platí obecně. Nejinak tomu bylo v české kotlině. Postupně houstnoucí síť stezek a cest různých kategorií se již 18. století stala ucelenou, státem budovanou a udržovanou sítí pozemních komunikací. Ta pak začala v 1. polovině 19. století být ještě doplňována rychle se rozvíjející železnicí. V dnešních dnech je síť pozemních komunikací již tak hustá, že jsme nuceni se starat o to, aby netvořila v krajině neprůchodnou bariéru. Tento problém se týká především nových nejvyšších stupňů pozemních komunikací tj. výstavby dálnic, rychlostních komunikací a vysokorychlostních železničních koridorů. Jejich výstavbou vznikají v krajině překážky pro volně žijící živočichy bezpečně nepřekonatelné. Jedním z nejhorších impaktů dopravy na životní prostředí je fragmentace krajiny, která ničí životní prostor volně žijících živočichů a vytváří z něj izolované ostrovy. Zamezuje tak migraci jednotlivých druhů, výměnu genetických informací a vede k postupné záhubě celých společenstev. Není-li vhodně živočichům umožněno překonání těchto komunikací, mívá to fatální následky i na bezpečnost dopravy a jedinci při snaze překonání komunikací hynou a často způsobují vážné dopravní nehody. Tato bakalářská je práce zaměřena na hodnocení migračních objektů, které by měly umožnit bezpečné překonání komunikací zvířaty, zajistit jim možnost nerušených přesunů a tím umožnit i bezpečnější provoz na komunikacích.

Cílem této práce je zhodnocení provedení a především pak zkoumání hlukové zátěže dvou migračních objektů, které se nacházejí na dálnici D11 z Prahy do Hradce Králové. Dálnice D11 zde protíná významný regionální biokoridor Žehuňská obora – Bohdanečské rybníky a dálkový migrační koridor a výstavba těchto objektů má snížit její negativní vliv. Technické vybavení objektů se liší, proto je také cílem zjistit, jestli je i hluková zátěž rozdílná při různém typu opatření proti zamezení jeho šíření.

V teoretické části byl zhodnocen dopad především silniční dopravy na životní prostředí a popsána problematika migrace a migračních objektů. V praktické části bylo zhodnoceno provedení konkrétních objektů a výsledky měření hluku, které zde byly zjištěny.

2 Vliv dopravy na životní prostředí

Se zvyšujícími se nároky každého se potřeba neustálého přesunu zvyšuje a s tím jde ruku v ruce potřeba nových komunikací. Doprava se stala symbolem ekonomického rozvoje a pokroku.

Vedle všech svých nesporných kladů má ale doprava i velké množství negativních dopadů na životní prostředí, zdraví lidí a celkový vzhled krajiny. Smogové situace ve městech, mrtvá zvířata v okolí silnic, havárie vozidel nebo ropné havárie na mořích –to jsou jedny z mnoha negativních důsledků dopravy. Každý rok jsou vynalézány nové prvky a opatření, které mají co nejvíce snížit negativa. Některé úspěšnější, jiné méně, přesto však velká spousta negativních důsledků stále zůstává.

Různé dopravní druhy mají svá specifika, každý z nich zatěžuje životní prostředí trochu jinak. Negativní vlivy mají ale společné a dají se rozdělit do několika kategorií:

- Hluk a vibrace
- Znečištění vody
- Znečištění ovzduší
- Znečištění půdy
- Vliv na faunu a flóru

2.1 Hluk a vibrace

Za hluk se obecně označuje jakýkoliv nepříjemný zvuk. Doprava je v dnešní době největším producentem hluku. Zejména okolí letišť, silničních tepen nebo železničních stanic se potýká s vysokou zátěží. Proto jsou zavedeny hlukové limity, stanovené pro denní a noční hodiny i konkrétní zařízení. Dlouhodobá hluková zátěž způsobuje poruchy spánku, psychické problémy a další zdravotní komplikace.

Hlavní zdroje hluku ze silniční dopravy se liší v závislosti na rychlosti vozidla. Při nízkých rychlostech převládá hluk z pohonné jednotky, při vyšších rychlostech je to pak hluk z valení pneumatik po vozovce.

Dalším negativním doprovodným projevem dopravy jsou vibrace. Především silniční a kolejová vozidla jsou jejich významným producentem, nerovnosti na vozovce a kolejích se přenáší konstrukcemi staveb dále.

2.2 Znečištění vody

Riziko znečištění vody v globálním měřítku hrozí především provozem vodní dopravy. Nehody tankerů často spojené s únikem ropy do moře představují velké ekologické riziko. Znečištění silniční dopravou představuje riziko především pro povrchové vody. Spolu s dešťovými srážkami z povrchů vozovek odtéká také značné množství látek používaných k údržbě silnic – zejména posypové soli, prachové částice obroušené vozovky, pneumatik. V případně havárií může dojít k úniku velkého množství pohonných hmot a provozních kapalin.

2.3 Znečištění půdy

Znečištění půdy v okolí silnic je způsobeno smýváním zplodin z komunikace vodou, zejména pak zimními posypovými solemi. Další riziko znečištění hrozí při již zmíněných haváriích spojených s únikem kapalin.

2.4 Znečištění ovzduší

Doprava, zejména silniční, emituje do vzduchu velké množství škodlivin. Velké zdravotní riziko představuje především ve městech, kde velké intenzity automobilové dopravy způsobují vysoké koncentrace těchto látek v ovzduší. Jsou to celé koktejly různorodých sloučenin např. CO oxid uhelnatý, CO₂ oxid uhličitý, NO_x oxidy dusíku. Významným škodlivým produktem silničního provozu jsou také pevné částice. Ty vznikají jednak spalováním motorů a jednak obroušováním zejména pneumatik a vozovky, ale i některých dalších součástí v automobilu, jako např. brzdového obložení. Tento prach je poté neustále vířen dalšími projíždějícími automobily a šíří se do okolí komunikace.

I přes stále přísnější limity a nové vybavení automobilů, které snižují počet škodlivých látek jimi vypouštěných, se díky rostoucímu počtu automobilů znečištění ovzduší rok od roku zvyšuje.

Velkým problémem je pak při vysoké koncentraci látek vznik smogu a dále celosvětový problém skleníkového efektu. Ten je způsobován ve velkém množství exhalacemi z dopravy, především sloučeninami: oxidem uhličitým CO₂, methanem CH₄, oxidem dusným N₂O.

2.5 Vliv na faunu a flóru

Velkým problémem dopravy ve vztahu ke zvěři je mortalita na silnicích. Každoročně zahyne na českých silnicích tisíce zvířat. Podle výzkumné studie firmy Evernia z roku 2008 bylo usmrceno 566 400 zajíců, 346 800 ježků, 68 400 bažantů a 52 000 srnčí zvěře za jediný rok. S rozrůstající se silniční sítí a zvyšující se intenzitou dopravy ani za sedm let jistě nebudou tyto čísla lepší. Například u vydry říční tvoří počet usmrcených zvířat na silnici celou desetinu populace. Smrt na silnici tvoří u vyder nejčastější příčinu smrti. [11]

Střety zvěře s vozidly jsou velkým problémem také z hlediska bezpečnosti na silnicích. Jen za rok 2012 bylo zaznamenáno téměř 6 000 nehod se zvěří, navíc má tento trend vzrůstající tendenci. [15] Crash test střetu se zvěří je zobrazen na obrázku č. 1. Tento problém je řešen oplocením frekventovaných silničních tahů. Nehody se zvířaty se ale odehrávají i na silnicích nižších tříd. Nejnovější prvek, který má zabránit nehodám, je infračervená kamera umístěná v automobilu nebo po okrajích komunikací. Měla by upozornit řidiče, že se v okolí silnice vyskytuje nějaké zvíře a měl by dbát zvýšené opatrnosti.

Dalším problémem, který zvěři doprava způsobuje je fragmentace krajiny. Tento problém je podrobně zpracován v kapitole 3.



Obrázek č. 1 Nárazový test vozidla – střet se zvěří [15]

3 Průchodnost území

3.1 Fragmentace

Plocha volné krajiny se posupným osidlováním zmenšuje. Rozrůstáním měst, výstavbou průmyslových komplexů nebo silnic a železnic dochází k zabírání volné přírody. Zejména stavby, které mají charakter liniových bariér, rozdělují původní území na stále menší části. Tato degradace původního území je nazývána fragmentace. Z původní celistvé krajiny se stávají osamocené fragmenty. Důležité proto je zachovat vazby mezi jednotlivými oblastmi, aby byla zvířatům umožněna migrace.

3.2 Migrace

Migrace je dělena na dálkovou, lokální a sezónní. Dálková migrace je uvažována pouze u savců kategorie A. Migrace lokální je reprezentována primárně skupinou savců B a C. Sezonní migraci můžeme pozorovat u kategorie D, kdy zvířata migrují do lokalit vhodných pro rozmnožování.

Kategorizace živočichů ve vztahu k migraci podle TP 180 :

Tabulka č. 1 Rozdělení vybraných volně žijících živočichů do kategorií – 1. část [3]

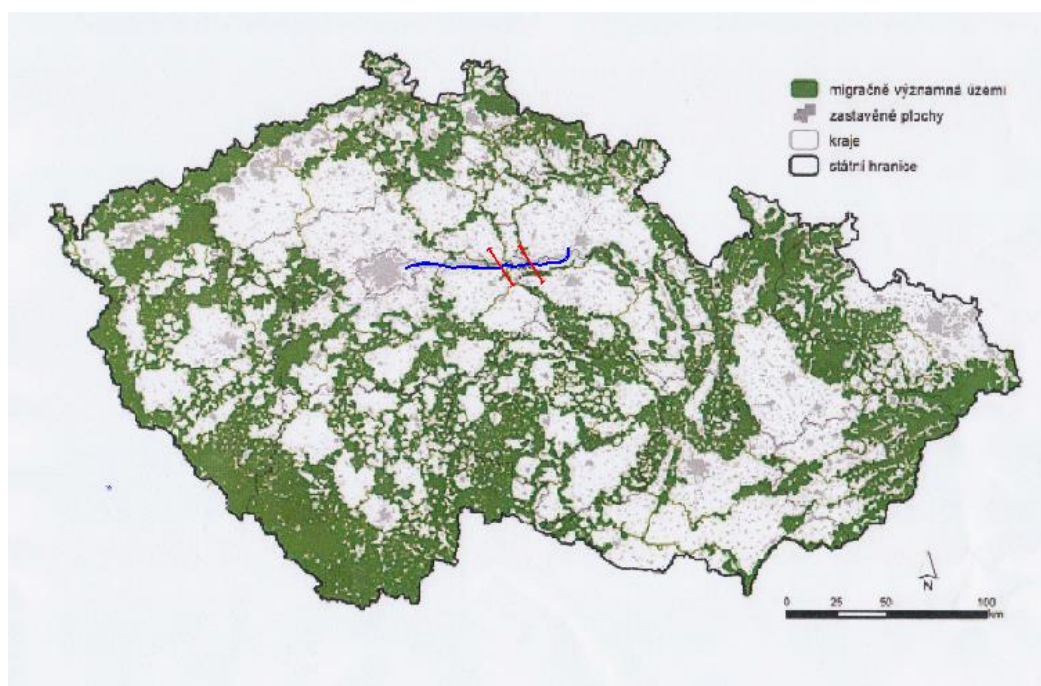
Kategorie	Příklady druhu	Technické řešení	Charakteristika
A Velcí savci	jelen evropský rys ostrovid medvěd hnědý vlk obecný kočka divoká los	nejnáročnější parametry jak z hlediska rozměrů, tak doprovodných prvků, optimální jsou přirozená přemostění hlubokých údolí, v rovinaté krajině je realizace náročná a často problematická	Na prověřených dálkových migračních trasách bez rušivých antropogenních vlivů
B Střední savci, kopytníci	srnec obecný prase divoké (daněk evropský) (muflon)	technické parametry objektů mírnější než u kategorie A, nutná jejich větší četnost, zvířata této kategorie mohou bez problémů využívat migračních profilů kategorie A	Lokální migrace, cesty mezi zdroji potravy, vodou a místy odpočinku, využívá je především místní populace, která je na místní podmínky dobře adaptovaná
C Střední savci, šelmy	liška obecná jezevec lesní vydra říční bobr evropský drobné kunovité šelmy	rozměry nejsou hlavním faktorem, důležitější je dostatečná četnost, v místech migračního tlaku optimální vzdálenost 500-1000 m, využití a úprava řady trubních propustků, kde je třeba zajistit především dostatečný pruh souše (1 m) podél převáděného vodního toku	Lokální migrace mezi zdroji potravy, vody a různými částmi obývaného teritoria, migrace osamostatňujících se mláďat, migrační profily využívá především místní populace, tyto druhy nejsou příliš citlivé na rušivé antropogenní vlivy

Tabulka č. 1 Rozdělení vybraných volně žijících živočichů do kategorií – 2. část [3]

Kategorie	Příklady druhu	Technické řešení	Charakteristika
D Obojživelníci		kombinace průchodů pod komunikací a bariér, které brání vstupu na komunikaci, vhodným řešením je vybudování náhradní vodní plochy pro rozmnožování, která by se nacházela před komunikací ve směru jarní migrace	Speciální sezónní teritoriální migrace mezi zimovištěm a místem rozmnožování a částí teritoria, kde tráví zbytek roku, migrační cesty využívány jedinci ve velké početnosti, v blízkosti každé trvalé vodní plochy vhodné pro rozmnožování obojživelníků
E ekosystémy	všechny druhy daného ekosystému včetně bezobratlých živočichů a druhů rostlin	propojení obou částí rozděleného ekosystému nadchodem nebo podchodem, toto řešení obecně prostorově nejnáročnější, propojovací prvek musí mít shodné pedologické, hydrologické a světelné podmínky jako propojovaný ekosystém	Je třeba propojit dvě části velmi cenného ekosystému, který vyžaduje vysoký stupeň ochrany a který byl dálniční stavbou přerušen a rozdělen

3.3 Dálkové migrační koridory

Migrace velkých savců probíhá ve zmapovaných dálkových migračních koridorech. Dálkové migrační koridory jsou trasy, které využívají živočichové, spojující území přechodného výskytu s územím trvalého výskytu. Migračně významná území se nazývají taková území, která jsou spolu propojená a jsou významná pro výskyt a zároveň i migraci živočichů. Do migračně významného území jsou zahrnuti i zmíněné dálkové migrační koridory.



Obrázek č. 2 Mapa migračně významných území [podklad 4]

Na obrázku č. 2 jsou znázorněna migračně významná území České republiky. Do mapy byla zakreslena dálnice D11. Umístění ekoduktů polohově odpovídá vedení migračně významných tras. Jsou zbudovány v místech, kde dálnice přeťala přirozený migrační koridor. Dálnice je v těchto místech vedena v zářezu, nebylo proto možné vybudovat podchod. Bylo nutno zvolit variantu přemostění dálnice vrchem.

3.4 Migrační objekty

Pro obnovení přirozené vazby v krajině, zajištění průchodnosti krajinou pro zvěř jsou stavěny na silnicích a železnicích objekty, které umožní zvěři liniovou stavbu překonat, tzv. migrační objekty. Migrační objekty mohou vést spodem pod komunikací – podchodem nebo vrchem – nadchodem. Zvolení konkrétního objektu záleží především na charakteru krajiny v okolí stavby. Parametry průchodu se poté odvíjejí od konkrétní kategorie živočichů, pro které je daný objekt budován.

Typy migračních průchodů:

Tabulka č. 2 Kategorizace migračních objektů [6]

Průchody	Podchody (P)	Propusty	Trubní propust	P1
			Rámový propust	P2
		Mosty na silnici	Most víceúčelový	P3
			Most speciální	P4
			Most velký, přirozený	P5
	Nadchody(N)	Mosty přes silnici	Most víceúčelový	N1
			Most speciální-ekodukt	N2
		Tunely	Tunel speciální-ekodukt	N3
Tunel přirozený	N4			

Nadchody speciálně určené pro migraci živočichů – ekodukty, se rozdělují dle šířky (měřena v ose komunikace). Do 50 m se označují jako nadchody, nad 50 m jako tunely.

Velké migrační objekty jsou stavěny pouze pro kategorii savců A pro umožnění dálkové migrace a zachování těchto, ve většině případů chráněných a ohrožených druhů zvířat. Pro kategorie B a C se budují podchody, kategorie C využívá i některé propustky. Pro kategorii D se často využívá sezónních zábran na komunikacích. Spolu se zábranami jsou umísťovány i záchytné nádoby, do kterých obojživelníci spadnou. Zároveň musí být zajištěna častá kontrola, aby byly nádoby vyprázdněny a živočichové přeneseni na druhou stranu komunikace. Pro propojení kategorie E je vhodný dostatečně široký ekodukt, na kterém lze realizovat potřebné prvky, aby bylo dodrženo zachování ekosystému.

Pro správné fungování objektu musí být zachován tzv. migrační potenciál. Je to kombinace vhodných technických a ekologických parametrů. Celkový migrační potenciál je definován součinem ekologického a technického migračního potenciálu. Výsledná hodnota je v intervalu $<0,1>$. Čím vyšší je výsledná hodnota, tím je daný objekt ideálnější.

3.5 Ekodukty v ČR a v zahraničí

V České republice najdeme celkem 13 ekoduktů. Dva se nacházejí na dálnici D1 do Brna, dva na dálnici D11 do Hradce Králové, čtyři jsou na Pražském okruhu, dva na rychlostní silnici R35 a po jednom na dálnici D3, rychlostní silnici R6 a na silnici I/20 v Jižních Čechách.

Stavba ekoduktů je v České republice často diskutované téma a provází ho řada problémů. Medvědí mosty, jak se jim přezdívá, jsou veřejností často nepříliš dobře přijímané. Nejsou stavěny účelně a efektivně a neplní potom ani svojí funkci. Někdy stojí na místě, kudy žádný migrační koridor nevede. A nezřídka bývají předražené. Ekodukty se u nás staví průměrně za 250 000 000 Kč, zatímco v sousedním Německu vyjde stejná stavba v přepočtu zhruba na 100 000 000 Kč. [13]

Nejméně vydařená se zdá být stavba ekoduktu na silnici R6. Při stavbě silnice v místě migračního koridoru, byl navržen a posléze budován ekodukt. Než však došlo k jeho dokončení, změna územního plánu v jeho okolí způsobila, že po jižní straně silnice došlo k nové výstavbě a zvěři byl znemožněn přístup na tento most. Nelze očekávat, že se budou zvířata proplétat vilovou čtvrtí a mezi nákupními centry.

Je nutné provést koncepční změnu, aby se zamezilo dalšímu neefektivnímu nakládání s veřejnými prostředky. Problematika musí být řešena ve spolupráci resortů dopravy a životního prostředí. Důležité je také kvalitní územní plánování, které by mělo zajistit návaznost těchto migračních objektů nejlépe na lesní komplexy nebo jiná nezastavěná území. Jako zpětnou vazbu by bylo vhodné provést na objektech monitoring, jakými druhy zvěře a jak často je daný most využíván. Tím by se zamezilo opakování chyb a použití nevhodných řešení.

V Evropě i ve světě najdeme mnoho příkladů zdařilých mostů. Funguje zde i monitoring, a tak se tyto země mohou pyšnit úspěšnými projekty, podloženými exaktními čísly – tisíci jedinci, kteří přes most ročně přejdou. Jeden z velmi vydařených ekoduktů je Can Pagá ve Španělsku na obrázku č. 3.



Obrázek č. 3 Ekodukt Can Pagá [17]

Další v celosvětovém měřítku výborně hodnocené řešení nalezneme v kanadském národním parku Banff. Zde je zbudovaných celkem 41 objektů pro přecházení zvěře, jeden z nich můžeme vidět na obrázku č. 4. Od roku 1996 tu mají zaznamenaný přechod 11 druhů savců, jako jsou např. medvěd hnědý či puma. A celkový počet překonání silnice zvěří do dneška je více než 200 000. [17]



Obrázek č. 4 Ekodukt v kanadském národním parku Banff [14]

4 Hluk a osvětlení – obecně

4.1 Hluk

Hlukem označujeme nepříjemný zvuk. Zvuk je mechanické vlnění, které se šíří od zdroje ve vlnoplochách fázovou rychlostí, která je závislá na vlastnostech prostředí. Lidské ucho dokáže zachytit zvuk o frekvencích od 16 Hz do 20 000 Hz. Zvířata mají sluch vytříbenější a rozeznávají ho většinou v širším spektru. Frekvence pod hranici 16 Hz se nazývá infrazvuk, frekvence vyšší než hladina 20 000 Hz se nazývá ultrazvuk. Studium zvuku se zabývá obor akustika.

Zdroje hluku se dají rozdělit na :

- Bodový zdroj
- Plošný zdroj
- Liniový zdroj

Představitelem liniového zdroje je právě provoz na silniční komunikaci nebo železnici. Charakter hluku na takové komunikaci je proměnný. Právě hluk ze silniční dopravy a jeho intenzita je v dnešní době výrazný rušivý prvek v lidské činnosti.

4.1.1 Hlasitost

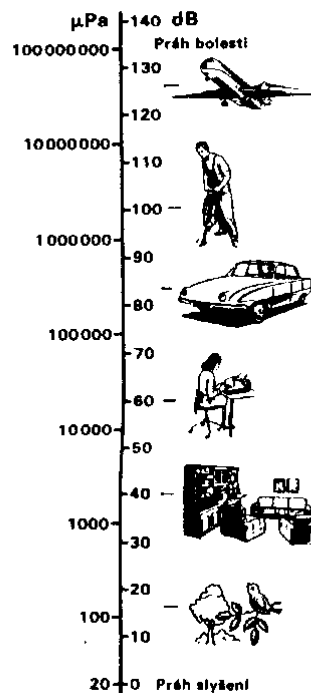
Hlasitost zvuku je vnímána individuálně. Je ale závislá na akustickém tlaku p . Akustický tlak, který dokáže vnímat člověk, má velký rozsah. Pro snadnější zápis a pochopení byla zavedena hladina akustického tlaku L_p , která je vyjádřena logaritmicke stupnicí. Její jednotkou je 1 dB. Převod akustického tlaku (p) na hladinu akustického tlaku (L_p) je dán vzorcem:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

(p - okamžitý akustický tlak, p_0 - referenční akustický tlak) [10]

Referenční akustický tlak je vztažen k prahu slyšení - je to nejnižší akustický tlak, který je schopný lidský sluch zaznamenat. Jeho velikost je $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Na obrázku č. 5 je přehledně pro představu zobrazena stupnice zdrojů hluku v dB.



Obrázek č. 5 Zdroje hluku [19]

Pro účely dlouhodobého měření se používá ekvivalentní hladina akustického tlaku LA_{eq} , která vyjadřuje energetický průměr proměnného zvuku za celou dobu měření.

4.1.2 Opatření ke snížení hluku

Hluk je nežádoucí a v některých případech i zdraví škodlivý. Proto se používají opatření k jeho snížení.

Protihluková stěna

Umělým opatřením je výstavba protihlukové stěny na cestě šíření akustické energie mezi zdrojem hluku a místem příjmu. Je to jedno z účinných opatření a v dnešní době často užívané. Často je to jediný způsob jak dosáhnout limitních hodnot a zajistit vhodné akustické prostředí.

Vegetace

Přirozený způsob částečného odclonění hluku je i vegetací. Ta však musí být zastoupena všemi vegetačními patry, od malých keřů až po vzrostlé stromy, a musí být v dostatečně širokém pásu, jinak není účinná.

Opatření ke snížení hluku na ekoduktu je vhodné kombinovat. Protihluková stěna zabrání proniknutí rušivého hluku i osvětlení od vozidel. Vegetace podél ní kromě dalšího odclonění dodá zvířatům pocit bezpečného přírodního prostředí. Stěna zároveň na mostě plní funkci oplocení. To musí být na jejím konci dále vhodně napojeno. Ideální stav je protihluková zeď postavená nejen na ekoduktu, ale pokračují dále podél komunikace v naváděcích prostorech. Zvířatům by tak bylo umožněno co nejméně rušené přiblížení k mostu.

4.2 Osvětlení

Světlo je elektromagnetické záření, konkrétně jeho část, kterou můžeme vidět lidským okem. Viditelné jsou vlnové délky mezi 390 – 790 nm. Tyto délky najdeme mezi zářením ultrafialovým a infračerveným.

Vnímání světla je u zvířat a u lidí odlišné. Na rozdíl od lidí některé druhy živočichů sice nejsou schopny barevného vidění, ale většina z nich má daleko vyvinutější zrak. Jelenovití i šelmy mají velmi citlivé sítnice. Zaznamenávají i malé množství světla, což jim umožňuje pohyb v noci. Velká intenzita světla v nich vyvolává pocit nebezpečí a může je odradit od pokusů použít migrační objekt. Pro tyto skupiny živočichů se ekodukty staví, je proto nutné myslet na dostatečné odclonění světla z komunikace.

5 Funkčnost migračního objektu

5.1 Vliv osvětlení a hluku

Rušivý efekt je zde zřejmý, ale do jaké míry ho zvířata jsou schopna akceptovat, je složité zjistit. To je problém spíše pro zoology. Z hlediska migračních objektů je však jasné, že bude-li rušení ve veliké míře, bude pro zvířata daný objekt představovat nebezpečí. Migrující zvířata, pro která je most primárně určen, jsou plachá. Nebude-li na mostě dostatečně klidné prostředí, most nevyužijí.

Hluk a osvětlení hrají každý sám o sobě významnou rušivou roli v jiné části dne. Zatímco hluk hraje významnější roli přes den, kdy je intenzita vozidel na komunikacích vyšší, rušení zvěře osvětlením hrozí pouze v nočních hodinách. Oba tyto rušivé prvky způsobují snížení funkčnosti objektu.

5.2 Ostatní prvky

Aby byly migrační objekty využívány, musejí být jejich parametry dostatečně veliké. Důležitá je jejich minimální šířka, a v případě podchodů i průchozí výška. Jednotlivé druhy zvěře mají podle své velikosti a plachosti různé nároky na rozměry migračního objektu. Musejí také být upraveny tak, aby na zvěř působily jako součást jejich přirozeného prostředí. Na mosty se vysazují křoviny a stromy, do podchodů se umisťují větve a kameny. Zajištěno musí být též navedení na objekt. To se realizuje pomocí nezbytného oplocení frekventovaných komunikací a vhodný je i křovinný pás. Neméně důležité je vhodné okolí objektů. Ideální je, když objekty procházejí z lesa do lesa (v případě malých savců a obojživelníků z/do jejich přirozeného prostředí). Není možné, aby na jednom konci mostu byl stavby a objekty, využívané lidmi (jak se tomu již u několika ekoduktů v Čechách stalo). Takový migrační objekt je potom naprosto zbytečný i v případě, že je postaven na správném místě s vysokým migračním potenciálem.

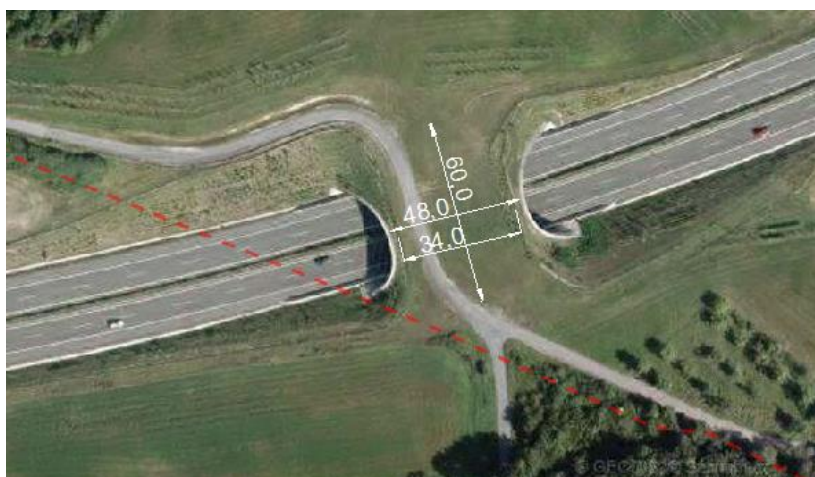
6 Popis a charakteristika objektů

Pro účely měření a následného porovnání byly vybrány dva ekodukty na dálnici D11, vedoucí z Prahy do Hradce Králové. Jsou od sebe vzdáleny necelých 20 km, jsou podobného stavebního provedení, ale liší se doprovodnými technickými opatřeními i vlastním situováním objektů.

6.1 Ekodukt Žehuň

6.1.1 Základní údaje

První ekodukt se nachází na 51,7 km dálnice D11 ve Středočeském kraji. Byl zprovozněn 20. 12. 2005. Jeho minimální šířka, měřená v ose komunikace, je 48 m, minimální šířka průchozí pro zvěř je pouze 34 m. Délka kolmá k ose komunikace, která se měří v místě vetknutí, je 60 m. Letecký snímek mostu můžeme vidět na obrázku č. 6. Výstavbou silnice zde byl přetát hřeben vrchu, který sloužil jako přirozená migrační trasa. Úsek komunikace se zde nachází v mírně levotočivém oblouku. Po směru staničení se zde nachází poměrně přímý asi 2,5 km dlouhý úsek, který je následován pravotočivým obloukem. Až do tohoto místa je výhled z většiny přiváděcích ploch a i samotného objektu. Vzhledem k rovinnému povrchu se tedy hluk z komunikace šíří k mostu i z větší vzdálenosti.



Obrázek č. 6 Letecký pohled Žehuň [podklad 16]

6.1.2 Popis ekoduktu

Tento most není příliš vhodně situován ani upraven, nenajdeme zde žádná významná doprovodná opatření pro zamezení šíření rušivých vlivů od komunikace. Po mostě vede

cesta, po které jezdí i motorová vozidla, v délce mostu sice není zpevněná, avšak nejen v denních hodinách je relativně hojně využívána. Tím je vyloučeno denní využívání mostu zvěří a i po setmění zde funguje jako významný rušivý element. Zbytek plochy mostu je zatravněn. Ostatní zeleň na mostě není příliš vzrostlá, stále ale dochází k jejímu novému vysazování. Po obou okrajích najdeme především keře výšky cca 1,5 m, které jsou na mnoha místech zcela průhledné, takže neposkytují ani odhlučnění ani odclonění mostu od osvětlení. Nedostatečné krytí zelení je vidět na obrázku č. 7.



Obrázek č. 7 Nedostatečná zeleň na ekoduktu Žehuň [autor]

Místa jsou zde nově vysazené listnaté stromy. Po jejich vzrůstu mohou do budoucna společně s keři zlepšit tuto situaci. Z obrázků č. 8 a č. 9 je ale patrné, že se za posledních 6 let situace příliš nezlepšila.



Obrázek č. 8 Stav ekoduktu Žehuň ke dni 10.4.2009 [12]



Obrázek č. 9 Stav ekoduktu Žehuň ke dni 28.7.2015 [autor]

Na mostě pokračuje oplocení, které vede okolo celé dálnice a funguje i jako naváděcí prvek, zároveň s ním vede i 30 cm vysoká zábrana pro malé živočichy, sloužící také k zamezení vniknutí na komunikaci. Lesní porost přímo nenavazuje na most. Navazují zde převážně zemědělské plochy. Po mostě vede turistická stezka.

6.1.3 Problémy

Kromě již zmíněné nezpevněné komunikace vedoucí po mostě, spočívá největší problém tohoto mostu v zamezení vstupu zvířatům do lesa. Na jižní straně mostu se nachází obora, která je ohraničena cca 2 m vysokým plotem a zvěří, která překoná most, tak neumožňuje vstup do lesa a tak musí oboru obcházet. Objekt se nachází nedaleko obce Žehuň a vzhledem k množství odpadků je zřejmě i často navštěvován jejími obyvateli.

6.2 Ekodukt Voleč

6.2.1 Základní údaje

Ekodukt Voleč je situován v 71,0 km dálnice D11 v Pardubickém kraji. Zprovozněn byl 21.12. 2006. Jeho min. šířka v ose komunikace je 78 m, min. šířka průchozí pro zvěř je 37 m, délka kolmá k ose komunikace v místě vetknutí je 80 m. Letecký snímek mostu vidíme na obrázku č. 10. Úsek komunikace se zde nachází na začátku mírně levotočivého oblouku. Jedná se o přesýpaný most se zvláštní prosvětlenou částí skeletu na jedné straně. [12] Ten

slouží k osvětlení úseku pod mostem. Jinak by objekt, vzhledem ke své délce, musel být navržen jako tunel.



Obrázek č. 10 Letecký pohled Voleč [podklad 16]

6.2.2 Popis mostu

Most na první pohled působí jako součást přilehlého lesa a je vybaven doprovodnými technickými opatřeními pro snížení hluku. Po obou jeho stranách je postavena protihluková zeď vysoká zhruba 3 m, která je ve dřevěném provedení a místy porostlá popínavou zelení, takže nenarušuje okolní ráz. Její hlavní účel je odclonění mostu od hluku a osvětlení z komunikace. Celý most je porostlý vegetací, po obou stranách roste v šířce cca 7 m špatně prostupné křoví a i ve zbytku plochy najdeme mnoho stromů. Po mostě vede pouze pěšina a za dobu měření nebyl zaznamenán jakýkoliv pohyb rušivých elementů (osoby, dopravní prostředky). Most je také vhodně umístěn – prochází z lesa do lesa a v bezprostřední blízkosti nejsou žádné obytné objekty. Charakter okolního lesa je smíšený. Chybí zde nižší vegetační patro, které by komplexněji bránilo šíření rušení od komunikace. Ve vzdálenosti do 1 km od ekoduktu jsou možnosti překonání silnice vozidly i pěšími, není proto potřeba si zkracovat cestu tímto hůře přístupným objektem. Z obrázků č. 11 a č. 12 je vidět, že od roku 2007 se situace na mostě výrazně zlepšila. Zeleň znatelně vyrostla a i nyní probíhá na mostě nové vysazování.



Obrázek č.11 Stav ekoduktu Voleč ze dne 25.6.2007 [12]



Obrázek č. 12 Stav ekoduktu Voleč ze dne 5.6.2015 [autor]

6.2.3 Problémy

Tento ekodukt je v České republice hodnocen jako jeden z nejpovedenějších a nejsou na něm významná problémová místa. Chtělo by vylepšit navádění na most podél dálnice D11, které je provedené pouze průhledným oplocením a zábranou pro malé živočichy, jak je vidět na obrázku č. 13. Dále na okraji lesa, zejména podél komunikace by bylo vhodné vysadit

i nižší porost. Doplněním nižšího vegetačního patra by vzniklo lepší krytí vozovky a snížení šíření rušivých vlivů.



Obrázek č. 13 Oplocení komunikace a zábrana pro malé živočichy [autor]

Bylo by vhodné navrhnout prodloužení protihlukové stěny i na naváděcí prostory, nebo tento prostor alespoň osázet další zelení. Není vhodné zde ponechat přímý vizuální kontakt zvěře s provozem na komunikaci.

7 Měření – obecně

Na měření hluku pro ovlivnění živé přírody – zvěře – nejsou známy žádné normy ani metodiky. Doba měření i výběr měřících bodů pro přiblížení akustické situace v prostoru přechodů zvěře po ekoduktech přes významnou dopravní komunikaci – dálnici D11 – byla zvolena orientačně dle charakteru využití ekoduktu a místního posouzení.

7.1 Použitá měřící technika

Měření bylo prováděno zvukoměrem značky Norsonic 140, který je zobrazen na obrázku č. 14. Před zahájením byla provedena kalibrace zvukoměru.



Obrázek č. 14 Zvukoměr Norsonic 140 [18]

7.2 Situování měřících míst – obecný popis

Mikrofon zvukoměru byl přednostně umisťován do výšky 0,90 m nad terén. Tato výška byla zvolena záměrně, neboť představuje výšku slechů předpokládaných druhů zvěře. Byla zvolena jako průměr mezi hlavními zástupci jednotlivých kategorií živočichů – kategorie A reprezentovaná jelenem, kategorie B reprezentovaná srncem a kategorie C zastoupená liškou.

Na každém mostě bylo zvoleno pět měřících míst. Byla vybrána místa důležitá z hlediska posouzení využití daného ekoduktu zvěří. Měřící místa 3, 4, 5 se nacházejí v prostoru příchodu zvěře na most nebo na cestě k mostu. Bod 4 byl vždy umístěn v blízkosti komunikace D11, tedy v prostoru navádění zvěře na ekodukt. Tento bod slouží také k porovnání, jak jsou ostatní měřící místa akusticky odstíněna. Měřící místa 1, 2 se nacházejí na mostě. Mohou se z nich odvozovat pocity pohody či nepohody, které může mít zvěř při přecházení ekoduktu.



Obrázek č. 15 Umístění hlukoměru na ekoduktu Voleč [autor]

Interval měření na každém měřicím bodě byl zvolen 60 min. Pro tento typ měření není doporučený žádný postup. Po důkladné rozvaze byla zvolena za reprezentativní vzorek doba jedné hodiny. Měření probíhalo ve špičkových hodinách, proto naměřené údaje lze považovat na daných objektech za maximální.

7.3 Základní zjišťované údaje

7.3.1 Akustické údaje

Měřením byla zaznamenávána ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq, T=1 \text{ hod}}$. Je to průměrná hodnota za celý měřicí interval na jednom bodě. Dále byla zaznamenávána hodnota maximálního akustického tlaku L_{Apeak} . Právě tyto hladiny mohou působit jako úlekový faktor a tyto zvukové vjemy mohou vystrašit zvěř v případě přibližování se k ekoduktu.

7.3.2 Neakustické údaje

Po celou dobu měření byl prováděn video záznam situace na komunikaci, aby mohla být zjištěna intenzita vozidel a skladba dopravního proudu. Obě hodnoty jsou důležité informace, pro popis akustické situace a případné porovnávání naměřených hodnot mezi jednotlivými měřicími body, neboť měření nemohlo být z technických důvodů prováděno synchronně.

Za dobu měření byly zaznamenávány do pracovního protokolu všechny okolnosti, které by mohly mít vliv na výsledek měření.

8 Měření na ekoduktech

8.1 Ekodukt Žehuň

Pro přiblížení akustické situace na ekoduktu Žehuň byla v prostoru migračních tras na tomto mostě pro měření zvolena severní strana. Při jižní straně mostu je vedena nebezpečná komunikace, která se po průchodu přes most dále rozvětňuje. Proto byla pro měření zvolena měřící místa co nejdále od této obslužné komunikace, aby bylo eliminováno možné ovlivnění měření případnými průjezdy po této komunikaci na mostě. Cílem práce je především vyhodnotit hluk z komunikace – dálnice D11 – vedené pod ekoduktem a tím možné hlukové ovlivnění pohybující se zvěře po mostu. Dálnice je v blízkosti tohoto ekoduktu vedena v zářezu.

Měření probíhalo ve dvou měřicích dnech, a to 14.11.2014 a 22.5.2015 vždy cca mezi 12 a 16 hodinou. Oba dny byly slunečné a bezvětřné.

8.1.1 Popis měřicích bodů

Měřící bod 1 se nachází nad osou komunikace a zároveň na ose mostu. Nachází se přímo ve středu mostu a je tedy akusticky stíněn hmotou mostovky.

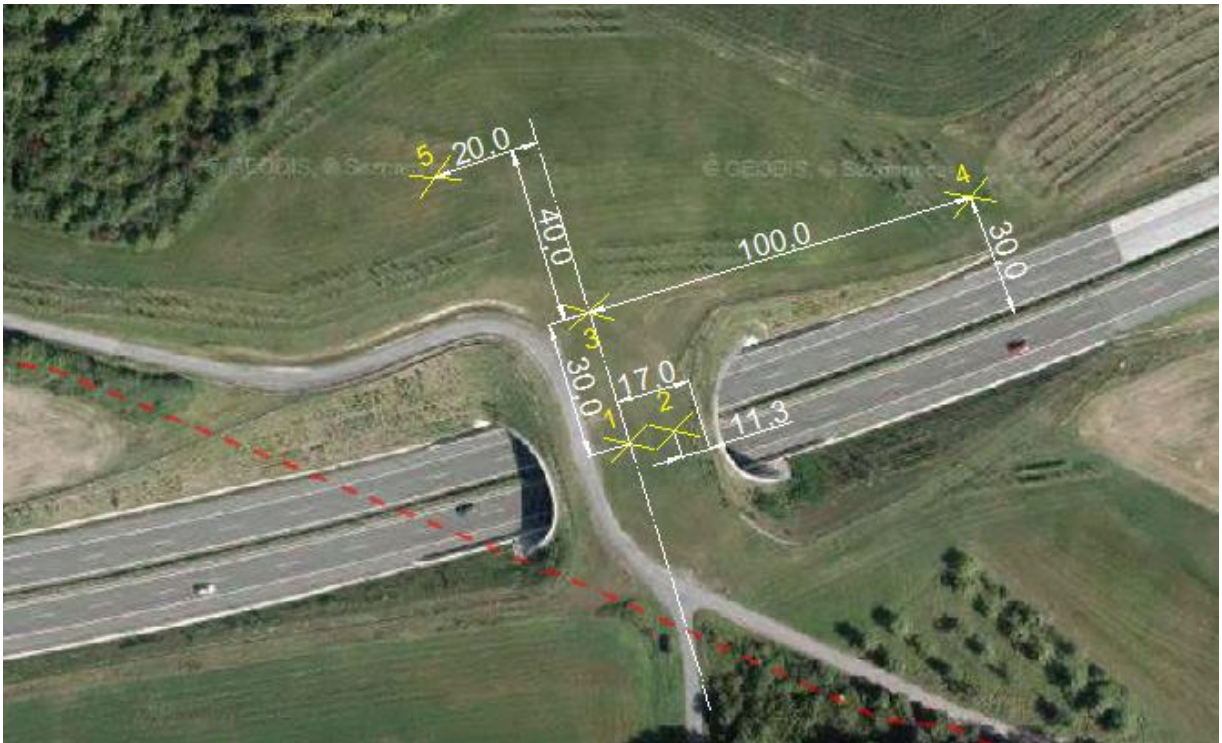
Měřící bod 2 se nachází nad osou komunikace a v třetině minimální šířky ekoduktu (proti směru staničení dálnice D11). Nachází se tedy blíže k okraji mostu i komunikaci (dálnici D11). Z tohoto místa je i z úrovně mikrofonu přímo vidět na komunikaci (dálnici D11) a měřící místo tak není nijak akusticky stíněno. Stínění keřovým porostem je nepatrné.

Měřící bod 3 se nachází na ose mostu v místě jeho vetknutí do okolního terénu na jeho severní straně. Jedná se o prostor možného příchodu zvěře na most, poslední důležité místo pro rozhodnutí zvěře. Nebude-li zde mít zvěř pocit dostatečné pohody, je velká pravděpodobnost, že se rozhodne odejít a ekodukt nevyužít.

Měřící bod 4 se nachází v blízkosti komunikace a tedy i v prostoru kudy má být zvěř naváděna na ekodukt. Toto místo se nachází pouze necelých 15 m od komunikace, hluk je zde největší možný.

Měřící bod 5 je umístěn v přibližovacích místech na ekoduktu. Je umístěn za vzrostlou zelení, která vizuálně odděluje komunikaci D11 od tohoto naváděcího místa a částečně brání šíření hluku z části úseku komunikace D11.

Přesné polohy měřicích bodů na ekoduktu Žehuň jsou zakresleny v obrázku č.16.



Obrázek č. 16 Měřící body Žehuň [podklad 16]

8.2 Ekodukt Voleč

Pro přiblížení akustické situace na ekoduktu Voleč byla zvolena jižní strana. Byla zvolena tato strana pro možné přibližování zvěře na ekodukt, protože je dostupnější. Protější strana je v příkrém srázu a oplocení je vedeno dále od komunikace. Nešlo by tedy vyhodnotit hluk ve stejné vzdálenosti jako na ekoduktu Žehuň. Dálnice je v blízkosti tohoto ekoduktu vedena v zářezu.

Měření probíhalo dne 21.5.2015 za bezvětřného počasí a zatažené oblohy. Měřeno bylo přibližně od 12 do 17 hodiny.

8.2.1 Popis měřících bodů

Měřící bod 1 se nachází nad osou komunikace – dálnice D11 – a zároveň na ose mostu. Nachází se tedy přímo ve středu mostu. Díky vzrostlé zeleni a protihlukové stěně není vidět na komunikaci, proto je tento bod akusticky nejlépe stíněn.

Měřící bod 2 se nachází nad osou komunikace D11 a cca ve třetině minimální šířky tohoto ekoduktu (ve směru staničení dálnice D11). Nachází se blíže k okraji mostu a tedy i blíže ke

zkoumané komunikaci. Ale i tento bod je velmi dobře akusticky stíněn, a není z něj vidět na komunikaci.

Měřicí bod 3 se nachází na ose mostu v místě jeho vetknutí do okolního terénu na jeho jižní straně. Je to místo možného příchodu zvěře na most, poslední důležitý prostor pro jeho rozhodování. Nebude-li zde mít zvěř pocit dostatečné pohody, je velká pravděpodobnost, že se otočí a odejde a nevyužije tak vybudovaného ekoduktu. Toto místo se nachází se na hranici lesa a je částečně kryté zelení a protihlukovou stěnou vůči dálnici D11. Není zde přímý pohled na komunikaci.

Měřicí bod 4 se nachází v blízkosti komunikace v prostoru, kudy má být zvěř naváděna na ekodukt. Toto místo je umístěno necelých 25 m od komunikace D11 a hluk je zde velmi intenzivní. Měřicí bod se nachází na okraji lesa (nikoli v něm). Vzhledem k přilehlému lesu může zvěř postupovat okolo komunikace lesem a má možnost postupovat krytá a snížit tak své možné hlukové ovlivnění. Přesto stále zůstává vizuální kontakt s projíždějícími vozidly.

Měřicí bod 5 je umístěn v prostoru potenciálního přiblížení na ekodukt. Je umístěn v lese, kde by měl být hluk od silnice již částečně stíněn.

Přesné polohy měřících bodů na ekoduktu Voleč jsou zakresleny v obrázku č. 17.



Obrázek č. 17 Měřicí body Voleč [podklad 16]

8.3 Provoz na komunikaci

Pro hlukovou zátěž z komunikace je důležitá při měření i znalost a informace o zdroji hluku – dopravě, tedy především její intenzita a skladba. Vzhledem k specifickému zkoumání dopadů hlukového zatížení na potencionální pohybující se živočichy po vybudovaných ekoduktech nebylo měření logicky prováděno podle metodiky pro měření dopravního hluku. Pro zjištění dopravní zátěže v době měření byl po dobu celého měření vždy prováděn videozáznam situace na komunikaci, na základě kterého byla vyhodnocena intenzita vozidel a skladba dopravy. Rozdělení bylo provedeno na dvě základní kategorie: Osobní a dodávková vozidla – O a Těžká motorová vozidla – TV, aby bylo možné případně porovnat zjištěné hodnoty s hodnotami z celostátního sčítání dopravy. Nebyla brána v úvahu jednostopá motorová vozidla, protože jejich význam v celkovém dopravním proudu je zanedbatelný.

Obecně lze uvažovat, že vozidla kategorie TV mají větší hlukový potenciál, než vozidla kategorie O. Zároveň víme, že kategorie TV tvoří významný podíl dopravy v nočních hodinách, a proto nelze předpokládat, že na ekoduktu akusticky nevhodném v denních hodinách nastane výrazné zlepšení v noci s poklesem provozu.

9 Naměřená data

9.1 Ekodukt Žehuň

9.1.1 Naměřené hodnoty

Tabulka č. 3 Naměřené hodnoty – Žehuň [autor]

číslo bodu	LAeq [dB]	LApeak [dB]	intenzita [voz/hod]
1	60,7	87,3	1840
2	61,6	86,2	2279
3	63,0	87,0	1979
4	63,6	91,7	1962
5	62,1	89,7	2603

9.1.2 Slovní interpretace

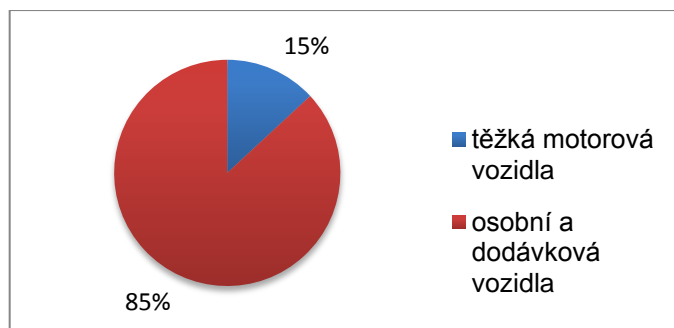
Na ekoduktu Žehuň byly naměřeny hladiny akustického tlaku A za příslušných měřených intenzit. Nejnižších hodnot dB bylo i přes méně účinné akustické stínění (není instalována protihluková stěna) dosaženo v měřicím bodě 1. Bylo toho dosaženo dostatečnou šířkou mostu, jejíž hmota funguje jako akusticky stínící prvek. Nejvyšších hodnot bylo očekávaně dosaženo v bodě 4, který se nachází v blízkosti komunikace a bez akustického stínění. Za nepříznivý fakt lze považovat, že v bodě 3, který je v prostoru příchodu na ekodukt, bylo dosaženo téměř stejných hodnot jako v blízkosti silnice. Hodnota maximální zde byla dokonce vyšší. Jak je patrné z obrázku č. 18, který byl pořízen z tohoto místa ve směru pohledu na D11, není zde žádné akustické stínění, které by minimalizovalo šíření hluku. Podobně je tomu i v bodě 5. Ten je na rozdíl od bodu 4 odcloněn od pravé části komunikace ale z levé části komunikace se hluk šíří i z větší vzdálenosti.

Konzistenci zvukové hladiny potvrzují i kontrolní měření z přibližovacích bodů 4 a 5, která byla provedena v jiném dni, čase a s rozdílnou intenzitou dopravy. Výsledné hodnoty se lišily o pouhé desetiny. Lze tedy říci, že hlukové hladiny jsou zde v různém časovém období velmi obdobné a dá se předpokládat, že i v nočních hodinách, kdy dojde k poklesu provozu, bude zde hladina hluku také velmi vysoká.



Obrázek č. 18 Pohled z měřicího bodu 3 na D11 po směru staničení [autor]

Za celých pět měřících hodin zde bylo zaznamenáno 10 663 průjezdů vozidel. Z toho 9 241 patří do kategorie O – osobní a dodávková vozidla a 1 394 do kategorie TV – těžká motorová vozidla. Procentuální vyjádření je zobrazeno v obrázku č. 19. Měření nebylo prováděno v průměrný den, ale ve špičkový den, a proto se dá očekávat, že průměrný průjezd v těchto hodinách bude nižší. Ze sčítání dopravy v roce 2010 v tomto sčítacím úseku č. 1-8370 vyplývá, že tímto úsekem projede za den průměrně 15 177 osobních a dodávkových vozidel a 6 665 těžkých motorových vozidel. [20] Provoz osobních a dodávkových vozidel je především ve dne, zatímco těžká motorová vozidla projíždějí spíše v nočních hodinách.



Obrázek č. 19 Graf skladby dopravy Žehuň [autor]

9.2 Ekodukt Voleč

9.2.1 Naměřené hodnoty

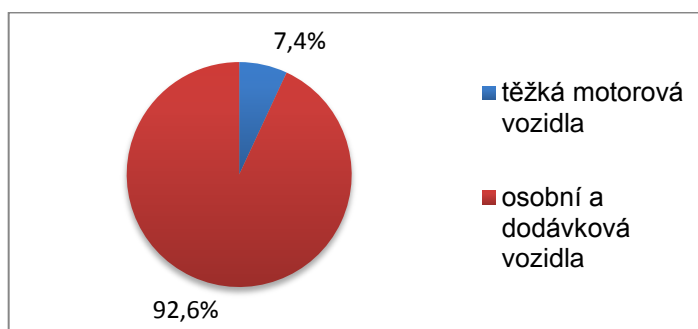
Tabulka č. 4 Naměřené hodnoty – Voleč [autor]

číslo bodu	LAeq [dB]	LApeak [dB]	intenzita [voz/hod]
1	56,9	77,9	1310
2	57,0	79,3	1455
3	60,0	85,2	1591
4	67,6	96,2	1634
5	56,9	93,2	1816

9.2.2 Slovní interpretace

Nejnižší hodnoty byly zjištěny v bodě 1 a bodě 2. Je toho dosaženo přítomností protihlukové stěny a souvislým porostem na mostě. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo na měřícím bodě 4 u komunikace. Z naměřených hodnot je patrné i odclonění bodu 3, tj. prostoru vchodu na ekodukt oproti bodu 4. Bod 5 je umístěn již v lese a vykazuje výrazně nižší ekvivalentní hladiny akustického tlaku A, avšak byly zde zjištěny poměrně vysoké maximální hodnoty LA. Tyto hodnoty mohly být způsobeny akustickým podnětem přímo u mikrofону, případně výrazným akustickým projevem při průjezdu nákladního vozidla.

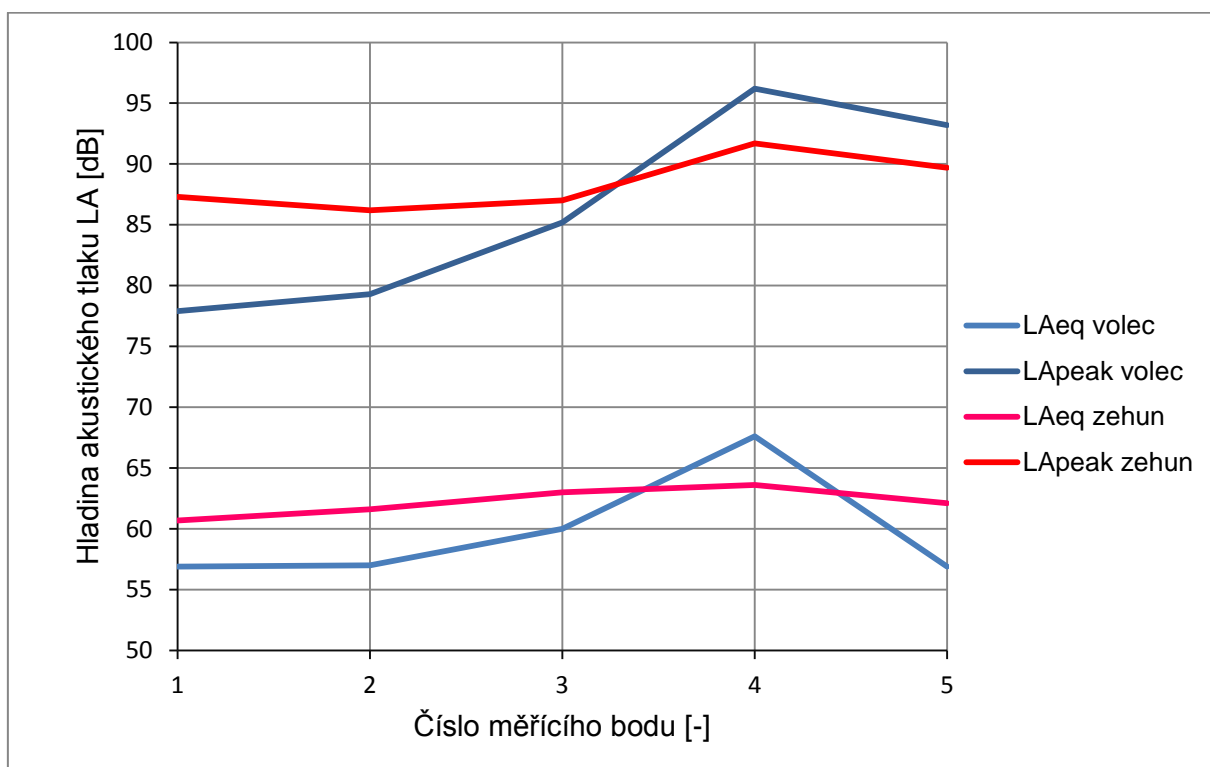
Za celou dobu měření, tj. pět hodin, projelo po komunikaci celkem 7 806 vozidel. Z toho 7 265 osobních a dodávkových a 541 těžkých motorových. Procentuální vyjádření je zobrazeno v obrázku č. 20. Z celostátního sčítání dopravy v roce 2010 v tomto sčítacím úseku č. 5-8390 bylo napočítáno průměrně 12 526 osobních a dodávkových vozidel a 2 846 těžkých motorových vozidel za celý den. [20] Jako u předchozího úseku komunikace je přes den skladba tvořena převážně osobními a dodávkovými vozidly a v nočních hodinách těžkými motorovými vozidly.



Obrázek č. 20 Graf skladby dopravy Voleč [autor]

9.3 Srovnání

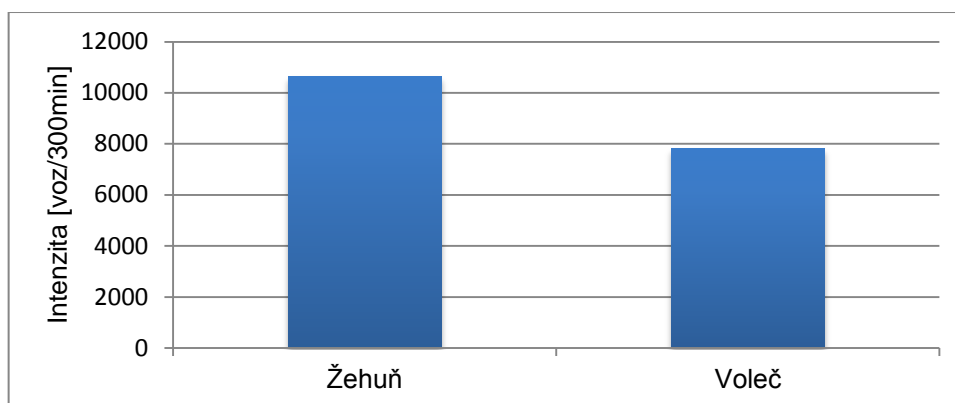
Z porovnání obou ekoduktů je na grafu (obrázek č. 21) vidět, že nejvyšší i nejnižší hodnoty, tedy rozdílné hodnoty na jednotlivých měřicích bodech – byly naměřeny na ekoduktu Voleč. Minimální hodnoty jsou u tohoto ekoduktu způsobeny díky odclonění protihlukovou stěnou a hustým porostem na mostě. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána na tomto objektu u bodu 4, a to i při nižší intenzitě vozidel, než na objektu Žehuň. Je to způsobeno vedením komunikace a charakterem okolního prostředí. U ekoduktu Žehuň je rovinný terén - hospodářská krajina a louky. Zatímco u druhého mostu je les a dochází tedy k částečnému odrazu hluku, proto zde byla zřejmě naměřena vyšší hodnota i za nižší intenzity. Z grafu lze také vyčíst daleko větší rozpětí hodnot u mostu Voleč. Hodnoty LAeq se pohybují v rozmezí 10,7 dB. Je zde patrná účinnost protihlukové stěny, která cloní hluk na měřicích bodech umístěných v jejím zákrytu. Na ekoduktu Žehuň bylo naměřeno rozpětí pouhých 2,9 dB. Projevují se zde nedostatečné prvky protihlukového opatření.



Obrázek č. 21 Srovnání hluku na mostech [autor]

Z porovnání intenzit u obou ekoduktů je vidět, že v úseku č. 1-8370, kde se nachází ekodukt Žehuň byla zaznamenána větší intenzita dopravy. Za celou dobu měření byl u jednotlivých ekoduktů rozdíl 2 857 vozidel. Podle výsledků celostátního sčítání dopravy z roku 2010 je za den rozdíl průměrně 6 470 vozidel. Intenzita je na druhém úseku č. 5-8390, kde se nachází most Voleč, nižší zřejmě. Důvod je zřejmě ten, že se mezi oběma ekodukty nachází EXIT na 62 km, kde vozidla sjíždějí směrem na Pardubice.

Z výsledků měření je potvrzeno, že intenzita provozu není jediným kritériem hlukového rušení, ale pro přehlednost je na obrázku č. 22 zobrazen její rozdíl u jednotlivých mostů. Dalšími faktory jsou vedení trasy a okolní terén.



Obrázek č. 22 Srovnání intenzity dopravy [autor]

9.4 Vyhodnocení

Na měření hluku a vyhodnocení hodnot ve vztahu k živé přírodě nejsou zavedeny limity ani normy. Na obou mostech bylo zdokumentováno mnoho stop zvěře. Příklad můžeme vidět na obrázku č. 23, který byl pořízen na mostě Žehuň. Oba objekty jsou tedy využívány, ale po porovnání stop lze konstatovat, že se jedná s největší pravděpodobností o stopy zajíce a srnčí zvěře. To jsou druhy, pro které nebyly tyto objekty primárně stavěny. Jsou to také druhy snadněji a rychleji adaptovatelné na civilizační pokrok. Srnčí zvěř i zajíce lze často pozorovat při jízdě autem, jak se pasou opodál frekventované komunikace bez významné známky rušení. Velcí savci, pro které jsou tyto objekty stavěny, jsou daleko plašší a ze stop nebylo možné usoudit na jejich přítomnost, a protože zde nefunguje ani monitoring zvěře, není jisté, že tyto objekty vůbec využívají.



Obrázek č. 23 Stopy zvěře na mostě Žehuň [autor]

Migrace velkých savců zde teoreticky probíhá pravděpodobněji v nočních hodinách. Ale ani při nižším nočním provozu však na těchto ekoduktech nelze očekávat nerušené přecházení. Naměřené hodnoty hluku byly sice zaznamenány při špičkových intenzitách v denních hodinách, ale na základě výsledků lze předpokládat, že hodnoty hluku i v noční době budou na obou ekoduktech a jejich předpolí velmi významné. Dalším problémem migrace v noci je osvětlení od projíždějících automobilů.

10 Osvětlení na ekoduktech

V rámci diplomové práce Vliv osvětlení na funkčnost migračních objektů z roku 2011 bylo na obou posuzovaných ekoduktech zjišťováno rušení osvětlením. Je tedy možné oba objekty posoudit komplexně z hlediska rušivých prvků v denních i nočních hodinách. Z výše uvedené diplomové práce jsou čerpány souhrnné závěry měření.

10.1 Světelné rušení

Na mostech bylo zkoumáno dynamické osvětlení z dopravy. Je to hlavní zdroj světelného rušení. Charakteristický je jeho nepravidelný průběh a vysoká intenzita. Jeho charakter také závisí na intenzitě provozu na komunikaci v nočních hodinách, rozměrech mostu a různých formách clonění.

Měření probíhalo vždy v nočních hodinách, začátek měření cca 1,5 hodiny po západu slunce. Bylo měřeno osvětlení ve 23 bodech a byla zde zjišťována intenzita osvětlení. To bylo měřeno ve dvou výškových hladinách 1 m a 2 m nad terénem. Dále bylo na všech bodech posouzeno také vizuální rušení. Tento typ rušení není problém jen v nočních hodinách. Přímý vizuální kontakt s projíždějícími automobily je pro zvěř rušivý i v denních hodinách.

Měřicí body byly rozmístěny následovně. V místě navádění na objekt bylo umístěno 7 bodů na každé straně mostu, na mostě se nacházelo 9 bodů. Těmito 9 body byl zhodnocen celý most v ose i po jeho okrajích. Další 4 body se nacházely mimo oblast přístupnou zvěři. Sloužily k porovnání přímého osvětlení z komunikace a jeho případného snížení doprovodnými opatřeními.

10.2 Ekodukt Žehuň

Na tomto ekoduktu a v jeho okolí byly naměřeny výrazné nárůsty intenzity osvětlení. Stejně tak vizuální rušení zde bylo ohodnoceno jako velmi silné rušení na 22 bodech (z celkových 23). Na tomto mostu není instalované žádné doprovodné opatření ke snížení vizuálního rušení. Vegetace na mostě není dostatečně vzrostlá, aby mohla zabránit oslňování. Přímý pohled na komunikaci z bodu, který byl přibližně umístěn jako bod 3 pro měření hluku, můžeme vidět na následujícím obrázku č. 24.



Obrázek č. 24 Vizualní rušení pohled ze severní strany ekoduktu Žehuň (po směru staničení)
[8]

10.3 Ekodukt Voleč

Na tomto mostě nebyly zaznamenány tak výrazné intenzity osvětlení jako u prvního objektu Žehuň. Velmi silné vizuální rušení bylo zaznamenáno v 8 případech (z celkových 23). Byly to body umístěné v prostoru navádění nebo na hranici protihlukové stěny. Způsobeno to je především již zmiňovanou absencí nižšího porostu v lesním komplexu. Na samotném objektu byly zaznamenány výborné podmínky. Přítomnost protihlukové stěny tedy výrazně snižuje intenzity osvětlení z projíždějících vozidel. Pohled z místa, kudy se zvěř pravděpodobně přibližuje k objektu, je vidět na obrázku č. 25.



Obrázek č. 25 Vizualní rušení pohled z jižní strany ekoduktu Voleč (proti směru staničení) [8]

11 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zhodnocení migračních objektů Žehuň a Voleč z hlediska hlukové zátěže. Měřením byly zmapovány podmínky na objektech i v přiváděcích prostorech. Dále byly zhodnoceny ekodukty celkově, včetně jejich technických opatření a nočního světelného rušení.

Bylo zjištěno, že první objekt, ekodukt Žehuň, není dostatečně vybaven doprovodnými opatřeními, která by měla odstínit hluk z komunikace. Hluk zde byl naměřen nadměrně velký a nebyly patrné velké rozdíly mezi zjištěnými hodnotami na ekoduktu a u silnice. Zejména v přiváděcích prostorech není téměř žádný vyšší porost. Jsou zde obhospodařovaná pole nebo louky a naměřené hodnoty zde byly téměř stejné jako na měřicím bodě u komunikace. Ani při zjišťování světelného rušení tento most neobstál. Na téměř všech jeho měřicích bodech bylo zjištěno velmi silné rušení osvětlením od komunikace.

Celkové provedení mostu není povedené, nepříliš vzrostlá zeleň neplní funkci stínění od hluku ani od osvětlení. Vstup do lesa na jižní straně mostu je znemožněn 2 m vysokým plotem od obory, která se zde nachází. Po mostě vede cesta, která je používána i ve večerních hodinách. A množství odpadků na mostě nasvědčuje, že se zde vyskytují lidé častěji než zvířata.

Druhý objekt - Voleč je odborníky hodnocen jako nejpovedenější ekodukt v České republice. Je zde instalována protihluková stěna, u které se z naměřených hodnot prokazuje, že svou funkci plní velmi dobře. Hodnoty naměřené na mostě byly výrazně lepší než hodnoty naměřené přímo u komunikace. Přiváděcí prostor se nachází v lese, kde je částečná hluková ochrana lesním porostem. I z hlediska osvětlení je most, díky 3 m vysoké protihlukové stěně, dostatečně ochráněn. V přiváděcích prostorech by bylo vhodné vysadit i porost nižších vegetačních pater.

Ekodukt Voleč prochází přímo z lesa do lesa a najdeme na něm vzrostlou vegetaci. Po celkovém zhodnocení lze říci, že tento migrační objekt splňuje podmínky, aby mohl být využíván našimi velkými savci při jejich migračních cestách krajinou. To se o mostu Žehuň nedá říci - množství nedostatků, která na něm najdeme se zdá být pro plachá migrující zvířata limitující.

Závěry měření potvrdily nutnost protihlukových opatření na všech objektech a jejich absenci v přiblížovacích a naváděcích prostorech. Dalším krokem by mělo být vyloučení lidského působení na těchto objektech, zejména pak provozu motorových vozidel.

Věřím, že tyto komplexní poznatky z obou mostů - hlukové i světelné zátěže by mohly být přínosem do budoucna pro biology a specialisty, zabývající se migrací zvěře. Mohou přispět ke zlepšení posouzení potřeb zvěře při projektování nových ekoduktů a tím zlepšení jejich funkčnosti, o kterou jde primárně. Lze říci, že kvalitní migrační objekty se dají považovat za prvky pasivní bezpečnosti provozu a správným řešením mohou snížit počet nehod na silnicích.

Domnívám se, že potřeba stavby migračních objektů není veřejností doceněna. Je pravdou, že finanční možnosti žádné společnosti nejsou neomezené, avšak z hlediska ochrany naší přírody a ohrožených druhů, především pak velkých savců, je stavba ekoduktů naším alespoň minimálním přispěním k zachování jejich přirozeného prostředí a tím i přežití. Že to lze udělat kvalitně i za mnohem menší částky ukazují mnohé příklady ze zahraničí.

Tyto poznatky mohou být zároveň inspirací pro další diplomovou práci, ve které by se mohlo provést detailnější 24 hodinové měření hluku a následné vyprojektování protihlukových stěn.

12 Použité zdroje:

12.1 Literatura

[1] ADAMEC, Vladimír. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. vyd. Praha: Grada, c2008, 160 s. ISBN 978-80-247-2156-9.

[2] ANDĚL, Petr. *Hodnocení fragmentace krajiny dopravou: metodická příručka*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2005, 99 s. ISBN 80-86064-92-1.

[3] ANDĚL, Petr, Václav HLAVÁČ a Roman LENNER. *Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy: technické podmínky : schváleno MD-OPK čj. 413/06-120-RS/2 ze dne 27.7.06 s účinností od 1. srpna 2006, ev.č. TP 180*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2006, 92 s. ISBN 80-903787-0-6.

[4] ANDĚL, Petr. *Průchodnost silnic a dálnic pro volně žijící živočichy: metodická příručka*. Vyd. 1. Liberec: Evernia, 2011, 154 s. ISBN 978-80-903787-4-2.

[5] *Hodnocení průchodnosti území pro liniové stavby: technické podmínky : schváleno MD-OPK čj.-505/06-120-RS/2 ze dne 7.9.2006 s účinností od 1. října 2006, ev. č. TP 181*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2006, 61 s. ISBN 80-903787-1-4.

[6] HLAVÁČ, Václav a Petr ANDĚL. *Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy*. Havlíčkův Brod: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2001, 35 s., [15] s. obr. příl. ISBN 80-86064-60-3.

[7] Luell, B., Bekker, G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., B., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B. le Maire, (Eds.). *Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure. Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*, KNNV Publishers, 2003, ISBN 90 5011 186 6.

[8] JURENKA, Josef. *Vliv osvětlení na funkčnost migračních objektů*. Praha ČVUT 2011. Diplomová práce, ČVUT, Fakulta dopravní.

[9] NEUBERGOVÁ, Kristýna. *Ekologické aspekty dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 163 s. ISBN 80-01-03131-4.

[10] VAŇKOVÁ, Marie. *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR, 1995, 140 s. ISBN 80-214-0695-x.

12.2 Internetové zdroje:

[11] Česká televize, pořad *Planeta věda* [cit. 2015-07-21]. Dostupné z WWW: www.ceskatelevize.cz

[12] České dálnice [cit. 2015-08-05]. Dostupné z WWW: www.ceskedalnice.cz

- [13] *Ekolist* [cit. 2015-07-01]. Dostupné z WWW: <http://ekolist.cz>
- [14] *E-morfes* [cit. 2015-08-03]. Dostupné z WWW: <http://emorfes.com>
- [15] *Besip* [cit. 2015-07-20]. Dostupné z WWW: www.ibesip.cz
- [16] *Seznam, Mapy.cz* [cit. 2015-08-01]. Dostupné z WWW: www.mapy.cz
- [17] *National Geographic* [cit. 2015-08-01]. Dostupné z WWW: www.national-geographic.cz
- [18] *Norsonic* [cit. 2015-08-03]. Dostupné z WWW: www.norsonic.com
- [19] *Energetický ústav, odbor termomechaniky a techniky prostředí* [cit. 2015-07-31]. Dostupné z WWW: <http://ottp.fme.vutbr.cz>
- [20] *Celostátní sčítání dopravy 2010* [cit. 2015-07-05]. Dostupné z WWW: <http://scitani2010.rsd.cz>