

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Mortalita obratlovců na cestách

Bakalářská práce

Chaloupková Agáta

Vedoucí práce: Doc. Vladimír Remeš, PhD.

Konzultant: Beata Matysioková, PhD.

Olomouc 2012

Abstrakt:

Chaloupková A. (2012): Mortalita obratlovců na cestách. Bakalářská práce. Katedra ekologie a ŽP, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.

Tato práce se zabývá problematikou mortality živočichů na komunikacích. Studium dostupné literatury a porovnáním výsledků vlastního výzkumu se studii z různých oblastí světa a zaměřených na specifické skupiny živočichů jsem se pokusila o přiblížení závislosti a vztahů mezi silničními sítěmi a volně žijícími živočichy v našem společném životním prostředí.

Problémem je samotné usmrcování zvířat, vytvoření těžko překonatelných liniových bariér a působení rušivých vlivů komunikace. Faktory podílející se na mortalitě zahrnují aspekty zvířete, komunikace, řidiče i počasí a působí rozdílně v závislosti na konkrétním prostředí.

Na cestách o celkové délce 69,05 km v Olomouckém a Zlínském kraji bylo v období dubna až září roku 2010 nalezeno 771 mrtvých obratlovců. Nejčteněji usmrcené druhy byly: ježek (*Erinaceus sp.*, 17,25 % z mrtvých zvířat), hraboš polní (*Microtus arvalis*) a křeček polní (*Cricetus cricetus*). Na úmrtnost obratlovců měla vliv hustota dopravy odlišně v každém kraji a nebyl prokázán žádný vliv frekventovanosti cesty na úmrtnost ptáků. Více obratlovců bylo usmrceno mimo obec, tedy na úsecích s vyšší rychlostí a nižší hustotou zástavby. Úmrtnost byla ve sledovaném období nepravidelná, nejčtenější byla v měsíci srpnu a nejnižší v dubnu.

Cesty mají převážně negativní dopad na živočichy a jejich životní prostředí, proto je nutné zajištění prevence jejich mortality. Otázkou zůstává jakými opatřeními a jak nejefektivněji dosáhnout zamezení střetů.

Klíčová slova: doprava, komunikace, obojživelníci, plazi, ptáci, prevence, prostředí, savci, úmrtnost

Abstract:

Chaloupková A. (2012): Mortality of vertebrates on roads. Thesis. Department of Ecology and Environment, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc.

This work examines with the mortality of animals on the roads. By studying the available literature and own research comparing the results with studies from different regions of the world and aimed at specific groups of animals, I tried to approach relationships between road networks and wildlife in our common environment.

The problem is killing itself, creating a hard line penetrable barriers and interference effects of communication. Factors contributing to the mortality include of animal, communication, driver and weather. And they operate differently depending on the particular environment.

On the road with a total length of 69.05 km in Olomouc and Zlin region in the period April to September 2010, found 771 dead vertebrates. Most frequently killed species were: hedgehog (*Erinaceus sp.*, 17.25 % of dead animals), field vole (*Microtus arvalis*) and hamster (*Cricetus cricetus*). On mortality of vertebrates has been affected by different levels of traffic in each region and there was no effect on mortality of birds. More vertebrates were killed outside the village, on sections with higher speed and lower density development. Mortality in the period was irregular, was the most frequent in August and lowest in April.

Roads are mostly negative impact on animals and their environment, therefore it is necessary to ensure the prevention of mortality. The question is what measures how efficiently reach and avoid conflict.

Key words: amphibians, birds, communication, environment, mammals, mortality, prevention, reptiles, traffic

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením Doc. Vladimíra Remeše, PhD., s konzultací Beaty Matysiokové, Ph.D. a s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 10. dubna 2012

.....
Podpis

Věnování

Všem mrtvým a sraženým zvířatům. A taky těm, které zvládly přejít cestu a není z nich
mastný flek.

OBSAH	
SEZNAM OBRÁZKŮ	ix
SEZNAM TABULEK.....	x
SEZNAM PŘÍLOH.....	xi
PODĚKOVÁNÍ	xii
ÚVOD	1
CÍLE PRÁCE	3
LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MORTALITU	4
Druh	4
Sezonalita a chování.....	5
Věk a zkušenosti	6
Pohlaví	7
Početnost	7
Technické řešení komunikace	7
Frekvence dopravy	8
Zmenšení areálu a hustota silniční sítě	9
Rychlost aut.....	10
Habitat okolí komunikace	10
Přehlednost a stáří komunikace.....	11
Počasí	12
Doprovodné efekty provozu.....	13
Souhrn faktorů ovlivňujících mortalitu	13
ÚČINEK CEST NA ZVÍŘATA.....	13
Populace	13
Působení cest na zvířata	14
PROBLEMATIKA POROVNATELNOSTI METODIKY.....	15
PROBLEMATIKA DETEKCE MORTALITY.....	15
Způsob kontrolování cest	15

Stálost mrtvol na vozovce	16
Určování mrtvol	16
PREVENCE MORTALITY	17
Dělicí účinek a jeho snížení	17
Migrace	18
Migrační objekty	19
Doprovodná opatření a funkčnost	20
Prioritní oblasti prevence	21
Bezpečnost provozu a efektivita	21
VLASTNÍ VÝZKUM	23
METODIKA PRÁCE	23
Charakteristika studovaných území	23
Sběr dat.....	24
Zpracování dat.....	24
VÝSLEDKY	25
Popisné výsledky.....	25
Výsledky statistické analýzy dat	29
DISKUSE	31
Relativní mortalita.....	31
Druh	33
Sezonalita	35
Rychlost aut.....	37
Frekventovanost dopravy	37
ZÁVĚR	38
PŘÍLOHY	40
LITERATURA.....	45

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Nalezení mrtví obratlovci podle taxonomických tříd	25
Obrázek 2: Kumulativní křivky počtu druhů obratlovců dle počtu nalezených jedinců v jednotlivých krajích	26
Obrázek 3: Úmrtnost ve sledované části roku dle tříd živočichů v jednotlivých krajích	27
Obrázek 4: Úmrtnost ve sledované části roku.....	28
Obrázek 5: Úmrtnost obratlovců v roce dle tříd cest v krajích	28
Obrázek 6: Frekventovanost jednotlivých komunikací.....	29
Obrázek 7: Interakce prediktorů působících na úmrtnost obratlovců	30
Obrázek 8: Interakce prediktorů působících na úmrtnost ptáků	30
Obrázek 9: Interakce prediktorů působících na úmrtnost savců	31

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Popis sledovaných cest	23
Tabulka 2: Úmrtnost ve sledované části roku	27
Tabulka 3: Analýza variance	29

SEZNAM PŘÍLOH

I: Zájmová část silniční sítě Olomouckého kraje	40
II: Zájmová část silniční sítě Zlínského kraje	41
III: Nalezení mrtví obratlovci	42
IV: Průchod - možné řešení snížení úmrtnosti malých savců, obojživelníků i plazů ...	43
V: Úmrtnost v průběhu roku na jednotlivých komunikacích	44

PODĚKOVÁNÍ

Mnohokrát děkuji za trpělivost a ochotu pomoci všem, kteří se mnou přišli do kontaktu v souvislosti s touto prací...

zvláště

Doc. Vladimíru Remešovi, PhD.

Beatě Matysiokové, PhD.

BcA. Miroslavu Zajíčkovi

pracovnícím knihovny Holice, UP v Olomouci

ÚVOD

V současnosti se markantně zvyšuje hustota dopravy a silniční sítě (Forman 2000; Anděl a Hlaváč 2008; Miko a Hošek 2009; Baskaran a Boominathan 2010), což má převážně negativní dopad na živočichy a jejich životní prostředí (Forman a Alexander 1998; Fahrig a Rytwinski 2009; Glista et al. 2009). Problémem je samotné usmrcování zvířat i rušivé vlivy komunikace (Harris a Reed 2002; Glista et al. 2009) a vytvoření liniových bariér, které jsou pro zvířata těžko překonatelné (Göransson a Karlsson 1978; Lodé 2000; Gibbs a Shriver 2005). Proto je nutné věnovat problematice mortality zvířat na cestách zvýšenou pozornost.

Otázkami úmrtnosti živočichů na cestách se zabývá mnoho autorů především od dob, kdy začala houstnout automobilová doprava. První studie pocházejí ze 40. let minulého století (Dreyer 1936; Warren 1936; Scott 1938; Pickles 1942). Práce mohou být zaměřeny na veškeré sražené živočichy (Seibert a Conover 1991; Gryz a Krauze 2008), nebo se zabývají jednotlivými třídami obratlovců či dokonce samotnými druhy. Ze tříd byli zkoumáni ptáci (Dunthorn a Errington 1964; Havlín 1987; Erritzoe et al. 2003), savci (Štyrchová 1964; Caro et al. 2000; Barthemess a Brooks 2010), obojživelníci (Hels a Buchwald 2001; Sherwood et al. 2003) i plazi (Das et al. 2007; Shwiff et al. 2007). K jednotlivě studovaným druhům patří například: jezevec lesní (*Meles meles*, Davies et al. 1987), liška obecná (*Vulpes vulpes*, Baker et al. 2007), vlaštovka obecná (*Hirundo rustica*, Orłowski 2005) či sova pálená (*Tyto alba*, Massemin et al. 1996). Mortalita bezobratlých způsobená dopravou také nezůstává opomenuta, ale především pro malé rozměry těchto živočichů, je její výzkum velmi problematický (Seibert a Conover 1991; Hayward et al. 2010). Nedílnou součástí tohoto tématu je okolí cest a krajina, kterou tyto cesty protínají (Caro et al. 2000; Orłowski 2008; Laurance et al. 2009). Proto se někteří autoři zaměřují na specifická území, jako národní parky a rezervace (Chhangani 2004; Shwiff et al. 2007; Coelho et al. 2008) či významné lesní celky (Pinowski 2005; Baskaran a Boominathan 2010).

Některé práce se věnují konkrétnější problematice, jako jsou změny na kostře po srážce (Orłowski a Siembieda 2005), doba po kterou kadáver na cestě zůstává (Barthemess a Brooks 2010) či změny chování zvířat žijících u cesty (Parris a Schneider 2008). Důležitou součástí aspektů mortality živočichů na cestách je předcházení kolizím zvířat

s dopravními prostředky a bezpečnost na komunikacích (Hughes et al. 1996; Brodziewska 2006) a tomu odpovídající preventivní opatření a jejich účinnost nejen v silniční, ale i železniční dopravě (Havlín (1986; Foster a Humphrey 1995; Jackson a Griffin 2000; Forman et al. 2003; Dodd et al. 2004; Brodziewska 2006).

Každý z nás má zajisté zkušenost s ježky nebo zajíci, kteří se za teplého letního počasí stanou už po několika hodinách od srážky téměř součástí vozovky. Můžeme však ovlivnit počty sražených zvířat na cestách? Jaké faktory a jakou měrou mají vliv na mortalitu způsobenou dopravou? V této práci se pokusím tyto otázky zodpovědět.

CÍLE PRÁCE

Zmapování informací týkajících se problematiky úmrtnosti obratlovců na cestách, a to především: faktorů ovlivňujících mortalitu, účinek cest na zvířata, problematiku metodiky zjišťování mortality, detekce mortality a možnosti prevence mortality.

Vlastní výzkum a porovnání získaných výsledků s literaturou zabývající se faktory majícími vliv na mortalitu obratlovců na cestách, a to především: frekvence a rychlost dopravy a sezonalita.

LITERÁRNÍ REŠERŠE

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ MORTALITU

Různé faktory se na mortalitě živočichů na cestách bezpochyby podílejí odlišnou měrou (Finnis 1960; Jancke a Giere 2011). Primárně je můžeme rozdělit na dvě skupiny: faktory biologické a faktory technické. Do první skupiny patří zvíře samotné - jeho druh, jeho charakteristické potravní, reprodukční i migrační chování, dále věk, pohlaví a početnost v dané oblasti. Do druhé skupiny pak patří komunikace - její konstrukce, frekvence a rychlost dopravy a také její okolí. Dále do problematiky vstupuje klima a povětrnostní podmínky, které ovlivňují chování jak zvířat, tak řidičů.

DRUH

Různé druhy jsou mortalitou na cestách ohroženy odlišně. Při výzkumu mortality je možnost zaměření se na jednotlivý druh a jeho specifika (Toman et al. 1995; Roedenbeck a Voser 2008; Sarmiento et al. 2009; Jancke a Giere 2011). Zvláště citlivé druhy k mortalitě na cestách jsou ty s nízkou porodností, které mají velký rozsah pohybu a nevyhýbají se ve svém areálu dopravním bariérám (Hlaváč a Anděl 2001; Gibbs a Shriver 2002; Forman et al. 2003; Fahrig a Rytwinski 2009; Anděl et al. 2010²; Bojda et al. 2010). U drobných savců je mortalita na cestách kompenzována vysokým reprodukčním potenciálem, ovšem u velkých savců a především šelem se může stát srážka rizikem i pro celou populaci. V žebříčku nejčastěji nalezených kadáverů rozděluje druhy i různá pohyblivost a přizpůsobivost ke změnám (Roger et al. 2010). Čím dále zvíře chodí, tím více cest křížuje a tím stoupá pravděpodobnost jeho usmrcení (Gibbs a Shriver 2005). U obojživelníků hraje značnou roli vzdálenost nutné migrace za rozmnožováním (Marsh et al. 2005). Malá velikost a pomalý pohyb ve spojení s deštěm u nich zapříčiňují vysokou pravděpodobnost smrti. Podle Helse a Buchwalda (2001) umírají při přecházení cesty v 10% nebo i v 19% u Gibbse a Shrivera (2005). Je proto nutné si uvědomit, že srovnávání má smysl jen u druhů se stejnou biomií a vyskytujících se v podobném prostředí (Coleman et al. 2008).

SEZONALITA A CHOVÁNÍ

Pravidlem je, že v teplejších měsících je mortalita živočichů na cestách vyšší a v chladnějších nižší. Ačkoli Havlín (1986) v úmrtnosti způsobenou železniční dopravou nevyzozoroval statisticky významný rozdíl v úmrtnosti ptáků mezi jednotlivými sezónami, je mortalita ptáků jednoznačně více sezónní než mortalita savců (Hell at al. 2005; Gryz a Krauze 2008; Bager a da Rosa 2011). Bezpochyby jejich zvýšená aktivita v teplejším období roku souvisí s hnízděním (Erritzoe 2002). Pokud je hnízdění delší, bude delší i období vyšší úmrtnosti u ptáků (Erritzoe et al. 2003). Dalším faktorem ovlivňujícím sezónnost mortality je tah do příznivějších oblastí, i když pro ptáky je cesta překážkou především při procesu rozmnožování, výrazně méně pak při migraci (Harris a Reed 2002). V březnu začíná hlavní období jarního příletu a podle Gibbse a Shrivera (2005), Colemana et al. (2008), Smith-Patten a Patten (2008) umírají i zvířata patřící do jiných živočišných tříd nejvíce na jaro. Přelom září a října je hlavním obdobím podzimního tahu a v únoru můžeme registrovat první návraty ptáků po zimě. V Anglii zemře na cestách 85% mrtvých ptáků v období dubna až září (Dunthorn a Errington 1964). V Polsku je to 58% v měsíci červenci a srpnu (Orłowski 2008). V zimních měsících je aktivita nižší, hibernace a odlet ptactva do teplých krajín značně snižuje počty volně se pohybujících se zvířat (Erritzoe et al. 2003). U savců je aktivita soustředěna také do teplejší části roku (Clevenger et al. 2003) a prodloužena péčí o potomky. Např. typickým zástupcem mrtvol této třídy je ježek, krom zimy kdy spí (Hell at al. 2005). Jednotlivé skupiny živočichů se také liší ve zranitelnosti díky specifickým svého chování. Netopýři například umírají především při lovu (Krestýnová 2009; Lesiński et al. 2010). Pro obojživelníky je charakteristické, že vstupují na vozovku pro uspokojení potřeby jarních tahů k vodě za rozmnožování a na podzim na přezimovací lokality (Gibbs a Shriver 2005; Chovančíková 2012). Spojení jejich pomalého pohybu s šířkou komunikace přispívá k jejich přejetí (Gryz a Krauze 2008).

Od životní strategie druhu se odvíjí migrace i intenzita potřebných pravidelných přesunů za potravou či odpočinkem (Roger et al. 2010). Mrchožrouti vnímají vozovku jako bohatý zdroj potravy a přesuny za vegetací v okolí cesty se mohou stát osudnými především pro býložravce (Case 1978).

Důležitou informací, která je však těžko monitorovatelná, je čas smrti vzhledem k aktivní denní době živočicha. Druhy noční a soumravné, jako šelmy a sovy, které

preferující noční aktivitu především pro lov (Hodson 1966; (Massemin et al. 1996), mohou mít jistou výhodu, protože hustota dopravy je nižší (Wallis 2005; Das et al. 2007). Na druhou stranu má jistě na střet vliv nižší viditelnost na straně řidičů a menší orientace u zvířat. Proto je podle Hodsona (1966) nehodovost vyšší v noci a podle Sullivana et al. (2004) se dokonce 79% srážek stane za tmy. Pro pochopení situace vedoucí ke srážce je proto nutné pozorování běžného chování zvířat v blízkosti cest (Finnis 1960).

VĚK A ZKUŠENOSTI

Dalším faktorem, který se může podílet na tom, kteří jedinci jsou více mortalitou na cestách ohroženi, je jejich věk. Potenciálně ohroženou skupinou jsou nedospělá zvířata. Roli hraje pravděpodobně nedostatečná orientace v prostoru, nedokonalá a pomalá chůze či let a především nedostatek zkušeností (Massemin et al. 1996; Erritzoe et al. 2003).

Koncentrace mláďat v roce se jednoznačně liší mezi druhy. Pozdní jaro a začátek léta jsou obdobím, kdy mnoho ptáků i savců vyvádí mláďata, ta odrůstají a osamostatňují se nejčastěji v období července a srpna (Orłowski 2008). Převažující zastoupení mláďat bylo zjištěno ve studii z Polska, kde nedospělí jedinci tvořili 60% z věkově zařazených kadáverů ptáků (Orłowski 2008). Menší procento mláďat však bylo zjištěno ve studiích z Anglie: z nejčastěji mrtvých druhů (vrabec domácí, kos černý a drozd zpěvný) to bylo 18,41% (Finnis 1960). V dalším případě tvořila mláďata 33,23% ze všech nalezených mrtvol (Dunthorn a Errington 1964). V této studii také autoři zjistili, že bylo zabito značné množství mláďat vrabce domácího, ta tvořila 65-66% mrtvol tohoto druhu a autoři upozorňují, že počty úmrtí na silnicích mohou představovat pro tento druh značný podíl na celkové roční úmrtnosti (Dunthorn a Errington 1964; Orłowski 2008). Například 95% mláďat srnčí zvěře se rodí v rozmezí 15. - 25. 5., stejně úzké rozmezí je i u bažantů a koroptví (web 4). Např. liška má největší ztráty mláďat způsobené dopravou na podzim (Baker et al. 2007). U obojživelníků je problémem migrace mladých jedinců z rozmnožovací lokality. Podle Helse a Buchwalda (2001) naopak není rozdíl v úmrtnosti mezi jarní migrací a letním pohybem. U této třídy obratlovců však hraje značnou roli vzdálenost k vodě a srážky.

Určení věku může být u některých kadáverů problematické a není tak možné stanovení konkrétních čísel. Zkušenosti s cestou a zvyk na doprovodné efekty provozu zvířata nezachrání (Grilo et al. 2009) pokud nebudou mít vhodnou alternativu překonání komunikace.

POHLAVÍ

Je těžké říci, které pohlaví na cestách umírá více. Dalo by se očekávat, že to budou aktivnější jedinci. Období aktivity se však u každého druhu liší a je dosti závislé na počasí (Baker et al. 2007). Bylo zjištěno, že u lišek umírají na cestách nejvíce v zimě staří samci (Baker et al. 2007). U obojživelníků je problémem mortalita gravidních samic při jarní migraci (Gibbs a Shriver 2005). Při určování přejetých zvířat je určení pohlaví často problematické (Lesiński et al. 2010). Pokud nějaké závislosti mezi pohlavím a rizikem sražení na cestě existují, zůstávají nám zatím utajeny.

POČETNOST

Mrtvá zvířata, která při průzkumu nacházíme, rozhodně neodráží přesný poměr četnosti výskytu jednotlivých druhů v krajině. Početnost zvířat způsobuje u některých druhů tlak na teritoria, získávání potravy a má tak vliv na intenzitu přesunů. Naopak například u obojživelníků nikterak neovlivňuje jejich vstup na vozovku, ale jednoduše jich na cestě zemře více (Sutherland et al. 2010). Zvýšenou pozornost vyžadují druhy vzácné a chráněné a území významná vysokou druhovou pestrostí (Myers et al. 2000).

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ KOMUNIKACE

To, jak je cesta konstruována má (spolu s frekventovaností dopravy, viz níže) zásadní vliv na chování zvířete při snaze ji překonat. Existují tři následující možnosti reakce: a) zvíře změní směr, jedná-li se o pohyb bez směrové tendence, b) zvíře jde podél cesty a hledá možnost k přechodu (klidnější časový úsek nebo bezpečnější místo) nebo c) rozhodne se cestu přejít rovnou (Hlaváč a Anděl 2001).

Je zřejmé, že více zvířat umírá na úsecích s nedostatečně řešenými preventivními opatřeními (Jancke a Giere 2011). Kvalitní prevence působí jednoznačně pozitivně (Forman et al. 2003). Např. svodidla u krajnice možná některé zvíře odradí, ale nejsou překážkou pro drobné živočichy ani větší savce. Svodidla uprostřed, mezi pruhy jednotlivých směrů jen způsobí stresovou situaci, není-li zvíře schopno překážku

překonat a je nuceno se vrátit. Bylo zjištěno, že ani příkop nemá pro obojživelníky výrazný vliv v překovávání komunikace (Marsh et al. 2005). Bezpochyby je nutné zabezpečit kvalitní naváděcí oplocení k průchodům komunikace a zajistit neatraktivnost krajnice z hlediska potravy i lokality.

Počet pruhů, tedy šířka cesty, zvyšuje úmrtnost (Baker et al. 2007; Smith-Patten a Patten 2008; McCall et al. 2010; Jancke a Giere 2011), a to především prodloužením doby, kterou zvíře na cestě stráví. Širší cesty jsou pro vyšší hustotu provozu i rychlost zpravidla i jinak konstruované, nad okolním terénem.

Vozovka může mít také různý povrch. Například panelová cesta je hlučnější než běžná asfaltová (Hlaváč a Anděl 2001). Bylo zaznamenáno více úmrtí na asfaltovém povrchu než na nebezpečné „sypané“ cestě (Holišová a Obrtel 1986; Sutherland et al. 2010). Asfaltový povrch se brzy rozpálí a udržuje si teplotu i po západu slunce, následně pak může být atraktivní pro plazy hledající zahřátí (Wallis 2005; Laurance et al. 2009). Narušení souvislé vrstvy krytu vozovky a špatný technický stav zvyšuje hluk a zesiluje ořesy (TP 180). Zvířata tak mohou být odrazována, nejen k využití podchodu či nadchodu, ale i k přiblížení k cestě. Naopak otvory mohou po dešti sloužit zvířatům k pití či očistě a stanou se jim tak osudné (Finnis 1960; Laurance et al. 2009).

Dalším aspektem je nivelace komunikace. Bylo zjištěno, že na cestě vyvýšené nad terén častěji umírají savci a ptáci (Herz 1970; Taylor a Mooney 1991; Erritzoe 2002). Ale dle (Hlaváč a Anděl 2001) je překonávání cesty zvířaty častější, pokud je vozovka ve stejné úrovni s okolím. Velkou roli tady hraje také vegetace, především pro ptáky. Pokud je okolní terén ve vyšší úrovni jako vozovka, nebo je obklopena vyššími stromy, pak se dráha letu ptáka střetává s projíždějícím autem. Dalším případem je silnice vedoucí po vrstevnici v prudkém kopci se střední až vyšší vegetací. Patrně nejvýhodnější možností pro živočichy je, když vede cesta níže ve spojení s vysokými stromy a vhodnými preventivními opatřeními (Laurance et al. 2009).

FREKVENCE DOPRAVY

Četnost projíždějících aut je bezesporu nejdůležitějším faktorem mortality. Pokud nebudou projíždět žádná auta, nebude na cestách nic umírat. Hustota dopravy má tudíž hlavní vliv na úmrtnost (Toman et al. 1995). Frekventovanost komunikace podle většiny

autorů zásadně ovlivňuje úmrtnost živočichů na ní (Hodson a Snow 1965; Case 1978; Lodé 2000; Hell at al. 2005; Glista et al. 2007).

Závislost mezi hustotou dopravy a počty sražených zvířat však není striktně lineární. Důvodem mohou být především konstrukční odlišnosti frekventovanějších cest a použitá preventivní opatření (Anděl a Hlaváč 2008). Pro cesty s nižší hustotou projíždějících aut (II. a III. třídy) je situace odlišná, větší roli hraje habitat okolí a přítomné druhy zvířat. V USA bylo na frekventovanějších cestách nalezeno méně mrtvol obojživelníků než na cestách s řidším provozem (Sutherland et al. 2010). Dokonce v jedné studii z Francie nebyl pozorován žádný vliv hustoty provozu na úmrtnost (Massemin et al. 1996). Otázkou zůstává, jaká je hranice únosné hustoty dopravy pro zvířata, která nemají jinou možnost a přecházejí cestu. Podle (Grilo et al. 2009) je to více jak 1200 aut/den, dle (Brockie et al. 2009) 5000 aut za den.

Dříve bezesporu byla hustota provozu nižší, v USA (Nebraska) v letech 1972 a 1973 dosahovala v průměru 4 820 až 12 602 aut/den s výraznými výkyvy průběhu roku (Case 1978). Nyní je frekventovanost „highway“ v USA (Utah) 16 115 aut/den v roce 2005 a v roce 2006 16 535 aut/den (Bissonette a Rosa 2009). Např. v Austrálii je frekventovanost na dálnici 10 000 aut/den a na „malých cestách“ projede méně než 100 aut/den (McCall et al. 2010). Pro představu v ČR dosahuje dálnice D1 frekventovanosti 48 000 aut/den v roce 2005 (web 6). Navíc jsou v různých oblastech Země odlišovány cesty rozdílně. Liší se označením, hustotou dopravy i konstrukcí. Pro srovnávání počtů uhynulých zvířat je tudíž nutné znát skutečnou frekvenci automobilů na dané vozovce.

Odlišnosti ve vlivu frekventovanosti můžeme nalézt i pro jednotlivé třídy živočichů. Čím je provoz na komunikaci nižší, tím je více atraktivní pro mrchožrouty a další druhy, hledající zde potravu, a dochází k dalším srážkám (Hodson 1966). Ve studii z Brazílie byla zaznamenána vyšší úmrtnost s rostoucí frekvencí dopravy pro všechny třídy krom plazů (Coelho et al. 2008). Dle Grayze a Krauze (2008) byla tato závislost prokázána jen pro savce.

ZMENŠENÍ AREÁLU A HUSTOTA SILNIČNÍ SÍTĚ

Dalším aspektem mortality je hustota silniční sítě, tedy délka cest na km² území (Forman a Alexander 1998). Čím hustší dopravní síť je, tím vyšší je pravděpodobnost přechodu přes komunikaci a tudíž i úmrtnosti (Gibbs a Shriver 2005; Roedenbeck

a Voser 2008). Zvířata jsou cestou vytlačena ze svého původního území a cesta vytvoří okraj jejich areálu (Erritzoe 2002). Krajina s převahou zemědělského využívání neposkytuje dostatečné potravinové zdroje a prostor, zvířata jsou tak nucena komunikaci překonávat. Důležitá je pak rovnováha mezi hustotou silniční sítě a početností jednotlivých druhů v krajině (Grilo et al. 2010).

RYCHLOST AUT

Je těžké říci, co hraje po vstoupení zvířete na vozovku větší roli, zda vyšší frekvence provozu a nižší rychlost nebo naopak. Pravděpodobně má významnou roli chvíle, ve kterou zvíře na vozovku vstoupí. Rizikovou rychlostí je pro zvíře bezesporu vždy ta vyšší rychlost projíždějících aut, podle Bakera et al. (2007) a Jancke a Giera (2011) je to 100km/h. Podle Erritzoa (2002) jsou nehody nejvzácnější při rychlosti 40km/h. V oblastech se zástavbou a na úsecích cest procházejících městy je pravidlem nižší povolená rychlost (např. v ČR 50km/h), ta se však pro zvířata nezdá být bezpečná, protože jejich mrtvá těla nacházíme i v obcích. U cest s vyšší povolenou rychlostí spoléháme především na účinnost konstrukčních preventivních opatření. Je možné použít i opatření méně nákladná, jako instalace značek a omezení rychlosti, např. v době migrace srnčí zvěře může snížit úmrtnost na cestě až o polovinu (Sullivan et al. 2004).

HABITAT OKOLÍ KOMUNIKACE

Krajina, která je cestou protnuta, je také životním prostředím. Její vlastnosti určují, která zvířata v ní žijí a tudíž i zahynou na vozovce (Seshadri et al. 2009; Carvalho a Mira 2011). Požadavky zvířat na prostor k pohybu, hnízdění či lov jsou různé a druh od druhu se liší (Glista et al. 2007). Pokud vezmeme v úvahu pouze relativní úmrtnost, tedy průměrný počet mrtvých zvířat na kilometru sledované cesty, nenajdeme velké rozdíly (Smith-Patten a Patten 2008). Pokud se ale podíváme podrobněji, co cestu obklopuje a druhy, které na jednotlivých úsecích zemřou, nalezneme jisté odlišnosti (Orłowski 2008).

Pokud cesta probíhá volnou krajinou, s poli a travnatými porosty a je lemována vysokými stromy budou živočichové na tuto výraznou změnu v krajině reagovat. Aleje u cesty mohou v důsledku způsobit i třikrát větší úmrtnost malých obratlovců, než na dálnici (Clevenger et al. 2003). Lesy zasahující k cestě, nebo ty cestou protnuté, zvyšují úmrtnost ptáků i obojživelníků (Dunthorn a Errington 1964; Seshadri et al. 2009), ale

podle Čtyrokého a Marka (1961) jen drozdů a kosů. Stromy umožňují ptákům létat mezi korunami, tudíž výše nad auty a srážek je tak podle Picklese (1942) méně. Závislost může být i na druhu porostu, nižší úmrtnost je podle Picklese (1942) tam, kde rostou buky a vyšší úmrtnost tam, kde převažují dubové porosty (Caro et al. 2000).

Především potravní nabídka, která se často v okolí silnice vyskytuje, může k cestě zvířata přitahovat. Keře a tráva jsou pro vrabce rizikem proto, že zde hledají potravu (Hodson 1960; Hodson 1962; Havlín 1987). Bylo zjištěno, že umírá značné množství mláďat ptáků žijících bezprostředně u silnice, např. až 12% mláďat kosů černých (Dunthorn a Errington 1964). Krajnice a její porosty slouží některým druhům jako útočiště, nebo místo k hnízdění (Underhill a Angold 2000), cesta může být i prospěšná, pokud je na ní malý provoz (Roedenbeck a Voser 2008). Pro lišku, jako velmi mobilní noční druh je nejvíce nebezpečný intravilán s hustou silniční sítí (Baker et al. 2007), protože se do těchto oblastí často stahuje především pro jednodušší zdroje potravy. Pěstované plodiny přímo sousedící s komunikací mohou mít zásadní vliv na mortalitu, mohou zvířata lákat, dokonce i podmiňovat jejich výskyt (McCall et al. 2010). Např. pro srnčí je atraktivní vojtěška (4), pro vrabce (Hodson a Snow 1965) a divočáky (4) kukuřice. Pokud při cestě za potravou křížují cestu, je pravděpodobná srážka. Úmrtnost obojživelníků je závislá především na vzdálenosti vodní plochy od komunikace (Seshadri et al. 2009), čím je blíže, tím více při migracích umírají (Gibbs a Shriver 2005; Puky 2005; Glista et al. 2007; Sutherland et al. 2010).

Věnování větší pozornosti okolí komunikace nám umožňuje určení kritických míst na konkrétním úseku cesty (Toman et al. 1995; Jancke a Giere 2011) a pak můžeme zakročit podle nalezených druhů správnou prevencí. Mohou například stačit značky upozorňující řidiče o pohybu zvířat v oblasti nebo dočasné snížení rychlosti v době migrací (Sullivan et al. 2004).

PŘEHLEDNOST A STÁŘÍ KOMUNIKACE

Těžko si představíme, že by se zvířata před vkročením na cestu rozhlédla. Pokud krajnici lemuje hustý keřovitý pás, který však podle Parrise a Schneidera (2008) nemá výrazný vliv na odfiltrování hluku provozu, ale ztlumí světla aut a znesnadní přehlednost pro řidiče i zvíře, stává se srážka pravděpodobnější. Například masožravci

umírají více v zatáčkách a v úsecích s hustou vegetací (Grilo et al. 2009), často při lovu za šera nebo v noci.

Stářím cest se zabývá málo autorů, zvířata si ale bezesporu na cestu zvykají (web 4). Například u srnčí zvěře je patrné, že registrují hluk a zaujímají při pastvě bezpečnou vzdálenost od komunikace. Pokud zvíře předpokládá nebezpečí spojené s vozovkou, tak se jí vyhne. Výjimkou může být stresová situace, kdy je třeba loveno predátorem. Více zvířat zemře podle Havlína (1987) na nových, nedokončených cestách. Další změnou vnímání cesty zvířaty může nastat např. při obnovení provozu po rekonstrukci. Až když dojde k upravení teritorií (Hlaváč a Anděl 2001) a přijetí cesty jako okraje areálu, stanou se srážky výjimečnými.

POČASÍ

Základním pravidlem je, že ve studených měsících je mortalita nižší a v teplejších vyšší (Pickles 1942; Čtyroký a Marek 1961; Dunthorn a Errington 1964; Case 1978; Havlín 1987; Krištín a Sárossy 2002; Erritzoe et al. 2003; Hell et al. 2005; Coelho et al. 2008; Glista a DeVault 2008; Krestýnová 2009; Barthemess a Brooks 2010; Lesiński et al. 2010).

V oblastech se stálejším rozpětím teplot v průběhu roku se ztrácejí rozdíly v sezónnosti mortality (Coleman et al. 2008). Kupříkladu v tropech je v průběhu roku průměrná teplota vyšší než ve středních zeměpisných šířkách. Důsledkem je vyšší aktivita a s tím pravděpodobně spojená i úmrtnost na cestách v průběhu celého roku. Aktivita hmyzu je také závislá na teplotě, a tak například vlaštovky loví hmyz nad vozovkou, kde mohou být sraženy (Erritzoe 2002).

Zkoumání úmrtnosti ve stejné oblasti, na stejné cestě ve dvou sezonách, nemusí nutně znamenat totožné výsledky. Každý rok může být v počasí jiný (Bager a da Rosa 2011). Například stačí, aby jeden rok více přelo a druhová skladba zemřelých zvířat je pak naprosto odlišná (Carvalho a Mira 2011). Kupříkladu povodně zvýšily počet mrtvých želv na cestách, a to i na úsecích s bariérami (McCallum 2011). Déšť zvyšuje úmrtnost obojživelníků na vozovce (Seibert a Conover 1991), dle Sutherlanda et al. (2010) především u ropuch. Pokud tedy není výzkum mortality obojživelníků prováděn ve vhodné období k jejich biomii, ztrácí naprosto význam (Puky 2005).

DOPROVODNÉ EFEKTY PROVOZU

Druhy, které jsou citlivější na hluk a světlo, na cestách většinou neumírají, protože se bojí. Pokud je ekologický efekt komunikace 100m a více metrů od ní (Forman 2000), zabírá cesta zvířatům velkou část původního přirozeného areálu. Nakonec si ale podle Fahriga a Rytwinského (2009) zvířata na cestu zvyknou. Každá komunikace je jiná. Pokud je vozovka vyvýšená nad okolní terén a je na ní hustá doprava, zvířata ji vnímají jinak než úzkou asfaltku bez příkopu, kde projedou tři auta do hodiny (Forman a Alexander 1998; Brodziewska 2006). Podle výzkumu Wallise (2005), není hluk ve 100 metrech od silnice patrný, zvíře tedy nepředpokládá nebezpečí a přes cestu přejde. Tento aspekt je však závislý na terénu a vegetaci v okolí. Parris a Schneider (2008) poukazují, že vegetace nemá vliv na odfiltrování hluku a světla z komunikace.

SOUHRN FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH MORTALITU

Bezpochyby dochází ke sčítání faktorů vedoucích ke sražení zvířete. Série událostí způsobující, že cesta může být pro zvířata faktorem přežití (Pickles 1942; Anděl a Hlaváč 2008; Martino et al. 2008), lze stručně popsat takto: působnost cesty klesá s její frekventovaností a tím současně stoupá vliv individuality zvířete.

ÚČINEK CEST NA ZVÍŘATA

POPULACE

Relativní mortalita je základním ukazatelem úmrtnosti, ale neřekne nám nic v případě hodnocení vlivu kolizí živočichů s motorovými vozidly na populace jednotlivých druhů. Musíme vycházet z předpokladu o velikosti populace, jejím rozmnožovacím potenciálu a přirozené úmrtnosti v populaci. Všeobecně nejvíce jsou mortalitou na cestách ohroženy populace, jejichž druhy se pohybují na velkých územích v relativně malém počtu. Tomuto kritériu na území ČR odpovídají především velké šelmy, všechny jsou chráněné a vzácné, proto je důležité věnovat zvýšenou pozornost jejich bezpečnosti (Hlaváč a Anděl 2001; Anděl et al. 2010 2; Bojda et al. 2010).

Každý jedinec není v populaci stejně důležitý. Silnice mohou podstatně snižovat početnost populace, pokud je zabito hodně zdravých zvířat, zejména před nebo v době

rozmnožování. Srážka není nijak selektivní. Stálý úbytek „důležitých“ jedinců populace na silnicích ji dlouhodobě připravuje o rezervy, čímž se stává náchylnější i k jiným typům ohrožení, které jsou následně fatální. (Bujoczek et al. 2011). Pokud má například sledovaný druh 1 mládě ve dvou letech (Roger et al. 2010), těžko během krátké doby výzkumu zjistíme jaký vliv má mortalita na populaci. Cesta jako faktor přežití ale dle Fahriga a Rytwinského (2009) nemá výrazný vliv na ptačí populace. Zde hraje významnou roli fragmentace. Zamezení toku genetické informace, což právě u ptáků není zcela možné, může mít na početnost druhu likvidační důsledky (Marsh et al. 2005; Bujoczek et al. 2011). Pokud by byl tento jev skutečně významný, znamená to ohrožení i těch druhů, které jsou usmrcovány v nižších počtech, než je kritická hodnota mortality daného druhu (Gibbs a Shriver 2005; Brodziewska 2006).

PŮSOBENÍ CEST NA ZVÍŘATA

Komunikace mají jednoznačně negativní vliv na zvířata, která jsou dlouhodobě k silnici přitahována. Zvířata zdržující se trvale v okolí cest mění své chování a přizpůsobují své životní projevy. Např. zpěvní ptáci u cest zvyšují hlasitost a mění frekvenci zpěvu (Parris a Schneider 2008).

Nejnáchylnější na vliv cest jsou střední a velcí savci, obojživelníci a plazi (Fahrig a Rytwinski 2009; Baskaran a Boominathan 2010). Vliv na malé savce ještě není úplně jasný (Bissonette a Rosa 2009). Např. pro zajíce jsou negativní velké cesty, ale ty malé mají vliv pozitivní (Roedenbeck a Voser 2008). V případě obojživelníků bývá pravděpodobně největším problémem mortalita gravidních samic a velká vzdálenost cíle migrace (Glista et al. 2007). I smrt více jak 10% dospělců jednoho druhu obojživelníka může vést ke konci místní populace (Gibbs a Shriver 2005).

K pozitivním efektům může patřit to, že povrch vozovky a její okolí je místem mimořádně příhodným pro sběr potravy, jako jsou semena, ovoce, bezobratlí atd. Pro mrchožrouty je jednoznačně pozitivní efekt cesty v přísunu potravy (Fahrig a Rytwinski 2009). Křoviny u komunikace mohou být pro ptáky výhodnou lokalitou s možností hnízdění. Pro plazy může rozpálený povrch vozovky skýtat zdroj hmyzu a sloužit k nahřívání (Laurance et al. 2009). Okolí cesty slouží i jako úkrytové území, protože se predátoři bojí doprovodného efektu dopravy (Fahrig a Rytwinski 2009).

PROBLEMATIKA POROVNATELNOSTI METODIKY

Zjišťování počtů zemřelých zvířat na cestách může být provázáno mnoha komplikacemi (Erritzoe 2002; Erritzoe et al. 2003; Wallis 2005). Zvolením nevhodné metodiky sběru dat nebo jejich nevhodná interpretace může způsobit, že zjištěná data se stávají nesrovnatelná. Zejména u starší literatury nebo při náhodném sběru není zcela jasné, na kolika kilometrech cest a v jakých časových intervalech byla šetření prováděna (Štyrchová 1964; Hodson 1966; Stewart 1971; Massemin et al. 1996; Ashili 2006; Ford a Fahrig 2007). Není tedy možné zjištění základního parametru úmrtnosti, čísla relativní mortality, které udává počet mrtvol na kilometr cesty. Z textu nevyčteme, zda se jedná o sečtené kilometry délek cest, na kterých se zvířata evidovala nebo o skutečně najeté kilometry, tedy vynásobené počtem projetí cesty (Chhangani 2004; Coelho et al. 2008). Důležitá je i roční doba šetření, protože data z teplé nebo chladnější části roku pak není možno porovnávat s průměrnými údaji za celý rok. Proto je pro srovnání šetření z různých oblastí nebo porovnání druhů s odlišnou sezónní aktivitou naprosto nutné přesné vymezení časového rozvrhu, kdy byla studie prováděna.

PROBLEMATIKA DETEKCE MORTALITY

ZPŮSOB KONTROLOVÁNÍ CEST

Vždy se provádí sběr či evidence viditelných mrtvol, což může vézt při vyšší rychlosti dopravního prostředku provádějícího šetření k přehlédnutí kadáveru (Herz 1970; Erritzoe et al. 2003; Pinowski 2005; Barthemess a Brooks 2010). Úměrně platí, že čím pomaleji jsou úseky cest zkoumány, tím více je sražených zvířat vidět (Erritzoe et al. 2003). Nejvíce je detekováno mrtvol při chůzi, a to až pětkrát více než autem (Havlín 1987; Erritzoe 2002). Je přitom možno sledovat umístění na vozovce nebo příkop (Dodd et al. 2004). Jedná-li se o úseky cesty s vyšší povolenou rychlostí projíždějících aut, je vyšší pravděpodobnost odhození mimo vozovku (Göransson a Karlsson 1978). V některých případech je možnost využití počítačové a snímací techniky (Baker et al. 2007) nebo fotopastí (Bissonette a Rosa 2009; Sarmiento et al. 2009; Krajča 2011) a tím se vyvarovat chyb přehlédnutím.

STÁLOST MRTVOL NA VOZOVCE

I když jsou počty nalezených uhynulých zvířat vysoké (Glista et al. 2007), je jisté, že nejsou z různých příčin kompletní a mohou být až 4,8krát nižší než je skutečný počet sražených zvířat (Barthemess a Brooks 2010). Nemalý vliv má v těchto chybách doba, po kterou zůstává kadáver na vozovce a zda ho během šetření zachytíme. Prodlužující se dobou mezi jednotlivými šetřeními se zásadně snižuje pravděpodobnost detekce kadáveru. Někteří autoři se zabývají stálostí na vozovce (Stewart 1971; Erritzoe 2002) nebo stářím mrtvol (Barthemess a Brooks 2010). Za 24-48 hodin od srážky zmizí díky různým činitelům z cest až 25% mrtvol podle (Hodson 1966). Nejpřesnější jsou proto data z nejčastěji prováděných kontrol. Výsledky sběrů prováděných denně se svým počtem nejvíce přibližují realitě (Dunthorn a Errington 1964; Kovalev 1998). Méně přesná, ale blízká skutečnosti jsou i data pozorovaná týdně (Seibert a Conover 1991; Hell et al. 2005; Barthemess a Brooks 2010). K úbytku mrtvol může docházet nejen z důvodu doby, po jakou jsou na cestě přítomny, ale i díky dešti nebo zaježdění (Erritzoe 2002).

Podíl na úklidu uhynulých kusů z vozovky mají bezpochyby také mrchožrouti a druhy, kterým slouží zraněná zvířata jako potrava (Čtyroký a Marek 1961; Hodson 1966; Erritzoe 2002; Baker et al. 2007; Barthemess a Brooks 2010). Takovým živočichům může být cesta dokonce prospěšná, ale jen do té doby než sami skončí pod koly aut (Fahrig a Rytwinski 2009). Řidič si také často sraženého zajíce, bažanta či divoké prase odveze s sebou (Anděl a Hlaváč 2008). Podobně končí i bezobratlí, v tomto případě však neúmyslně odvážení na karoserii vozidla (Seibert a Conover 1991). Někteří jedinci jsou vozidlem pouze poraněni a hynou mimo silnici a tím také uniknou z evidence (Erritzoe 2002; Anděl a Hlaváč 2008). Výjimkou není ani nalezení ještě živých zvířat, v tomto případě je ale sporné, zda živé zvíře zařazovat do evidence (Dodd et al. 2004; Coleman et al. 2008; Sutherland et al. 2010).

URČOVÁNÍ MRTVOL

Zjištění druhu sraženého zvířete je mnohdy složité, zvláště dojde-li k opakovanému přejetí. Pokud je kadáver na vozovce dlouho a je atraktivní pro jiné živočichy, dojde s přispěním vlivů počasí rychle k rozkladu (viz výše), což také zhoršuje možnost určení. Malé druhy či zbytky mrtvol jsou těžko viditelné, či určitelné (Barthemess a Brooks 2010). Metodika tudíž může být uzpůsobena rozdělením kadáverů do váhových

kategorií bez dalšího taxonomického upřesnění (Ford a Fahrig 2007; Barthemess a Brooks 2010), seskupení zvířat dle trofických úrovní (Ford a Fahrig 2007; Fahrig a Rytwinski 2009; Barthemess a Brooks 2010) nebo sběrem větších kusů, např. pouze nad 30 cm (Pinowski 2005; Brockie et al. 2009). Z nalezených mrtvol je komplikované určit přibližně 10% (Dunthorn a Errington 1964; Seibert a Conover 1991; Caro et al. 2000; Ashili 2006; Orłowski 2008). Snahou je neurčitelné kusy alespoň přiblížit vyšším taxonomickým úrovním, např. rodům (Hell et al. 2005) či třídám (Glista et al. 2007). Případně mohou být neurčené druhy z výzkumu i vyřazeny jako ve studii Caro et al. (2000).

PREVENCE MORTALITY

Fragmentací krajiny dopravními komunikacemi menšího charakteru, zvláště pak ve střední Evropě, se mnoho prací nezabývá (Hell et al. 2005; Anděl a Hlaváč 2008; Orłowski 2008; Bojda et al. 2010). Při markantně zvyšujícím se provozu na našich cestách, je důležité zamyslet se nad ekonomickým aspektem vzniklých škod, bezpečností na silnicích a efektivností nákladných migračních objektů (Hughes et al. 1996; Glista et al. 2009).

DĚLÍCÍ ÚČINEK A JEHO SNÍŽENÍ

Na dělící účinek, tedy zamezení přirozeného volného pohybu zvířat, mají rozdílný vliv komunikace o odlišném provozu a konstrukci, což udává jejich „velikost“.

Situace, kdy cesta v krajině tvoří neprostupnou bariéru a zvířata jsou od sebe díky ní odříznuta, je ve větší míře řešena u rychlostních komunikací a dálnic (Havlín 1987; Hlaváč a Anděl 2001; TP 180; Coelho et al. 2008). Je zde vysoká frekvence dopravních prostředků, vyšší povolená rychlost a možné důsledky střetu jsou proto závažnější. Silnice dálničního typu (čtyřproudé se středovými svodidly, rychlost automobilů přesahující 100 km/h) jsou bez dostatečného počtu bezpečných průchodů (nadchody, podchody a propustky) úplnou migrační bariérou, a to jak konstrukcí silnice, tak i vysokou intenzitou provozu (Seibert a Conover 1991; Foster a Humphrey 1995; Forman 2000; TP 180; Brockie et al. 2009).

Komunikace bez středových svodidel, konstruované pro běžné rychlosti 50-90 km v hodině, povětšinou jen s jedním pruhem v každém směru (v ČR většina silnic I. a II. třídy) mají dán dělicí účinek především intenzitou provozu (Toman et al. 1995; Erritzoe 2002). Jsou zde vhodné poměrně levné varianty prevence, jako pachové odpuzovače (web 4) a oplocení problematických úseků s častými nehodami (Toman et al. 1995). Těmi však nelze podchytit všechny živočichy a ani vyřešit problémy rozdělení populací. Pro obojživelníky jsou vhodné tunely pod cestou, které mohou využívat i plazi a drobní savci (Lodé 2000; Puky 2005; web 8, p. IV) nebo zábrany se sběrnými vědry, u kterých je ale nutné zajistit pravidelné kontroly a přenášení.

Méně frekventované cesty (III. třídy) jsou snadno překonatelné (Anděl a Hlaváč 2008), je na nich nízký provoz a jsou úzké. Často lemují les nebo spojují malé obce. Problémem zde však mohou být masivní migrace a vlivy počasí (Seibert a Conover 1991; Gibbs a Shriver 2005; Puky 2005; Sutherland et al. 2010), narušení souvislé vrstvy vozovky nebo nárazově vyšší provoz v zemědělské krajině v období žní (Čtyroky a Marek 1961).

MIGRACE

Migrace zvíře i technické řešení komunikace představují složité systémy a každé vzájemné křížení má svá specifika. Vedle vlastních migrací, tedy účelného přemísťování velkého počtu zvířat ke stejnému cíli, existují pochopitelně i přesuny na krátké vzdálenosti (za potravou a odpočinkem, pohyb mláďat po osamostatnění atd.) a zvířata jsou často cestami omezována i při těchto krátkých přesunech (Hels a Buchwald 2001; Erritzoe et al. 2003; Krestýnová 2009). Pro omezení úmrtí zvířat můžeme aplikovat preventivní opatření. U nich je velmi důležitá návaznost na územní systémy ekologické stability a migrační koridory (Brodziewska 2006; Bojda et al. 2010). To, jak je konstrukční nebo doprovodné opatření efektivní, udává migrační potenciál. Ten vyjadřuje pravděpodobnost využití migračního profilu zvířaty (Hlaváč a Anděl 2001), nadchodu, podchodu či oplocení. Migrační potenciál je rovněž vhodným parametrem pro optimalizaci ekonomických nákladů při realizaci migračních objektů v projektování komunikace. Otázkami funkce a efektivity opatření se zabývá mnoho autorů (Foster a Humphrey 1995; Jackson a Griffin 2000; Hlaváč 2001; Forman et al. 2003; Dodd et al. 2004; Brodziewska 2006; Krestýnová 2009; Chovančíková 2012),

tudíž je možné i vzájemné porovnávání různých aplikací prevence a jejich efektivity (Glista et al. 2009).

MIGRAČNÍ OBJEKTY

Protože kolize s automobily jsou významným zdrojem přímé úmrtnost v některých populacích zvířat (Göransson a Karlsson 1978; Gibbs a Shriver 2002; Glista et al. 2007; Brockie et al. 2009), je nutná snaha eliminace negativního vlivu na živočichy pomocí objektů a opatření, které jim mají umožnit překážku v podobě komunikace překonat.

Průchod je objekt umožňující migraci zvířat přes komunikaci, podle umístění k překonávané cestě, se dělí na podchody a nadchody. Migrace živočichů lze docílit i stavbou tunelu nebo umístěním komunikace na pilíře v závislosti na terénních podmínkách a geologickém podloží. Obě řešení jsou však značně finančně náročné a při jejich správné aplikaci jsou srovnatelné. O jejich použití rozhodují specifické podmínky, zářez nebo vyvýšení nad okolní terén. Pro jejich funkčnost je třeba s nimi dopředu počítat, tedy s přesným umístěním už při projektování komunikace (Hlaváč a Anděl 2001; Brodziowska 2006; TP 180; Anděl et al. 2010 1) Je nutné nezapomenout na péči o bezprostředně navazující pozemky (Bojda et al. 2010).

Podchody slouží živočichům k podlezení komunikace, tvoří však světelný i srážkový stín a tudíž může chybějící vegetace zvířata odradit. V zásadě se liší svou velikostí, všeobecně platí, že čím jsou větší, tím větší zvířata je využijí (Hlaváč a Anděl 2001). Rozměry jsou závislé na cílovém druhu pro migraci, ale mohou být i víceúčelové. Funkci podchodu může mít i most primárně sloužící k eliminaci nerovností v terénu, při křížení komunikace s jinou cestou či vodním tokem (Toman et al. 1995). Využívání podchodů může být značně omezeno úpravami pevnosti břehů řek a svahů nebo rušivým hlukem z komunikace.

Nadchody, tzv. zelené mosty, jsou někdy nazývány mosty divoké zvěře. Jsou určeny pro větší zvířata (Forman et al 2003), šelmy a kopytníky (Hlaváč 2001) a podle Jacksona a Griffina (2000) je využívá více druhů než podchody. Jsou však finančně i technicky nejnáročnější. Efektivita je dána velkými rozměry stavby s relativně velkými pásy přirozené vegetace, které musí odfiltrovat rušivé zvuky a světla z komunikace, ovšem čím větší jsou, tím více druhů je využívá (Glista et al. 2009).

Propustky, označované také jako tunely obojživelníků jsou potrubní stoky o průměru 0.3 až 2m. Mohou být vyrobeny z betonu, oceli, hladkého nebo vlnitého plechu. Mohou být navrženy i víceúčelově, pro průchod více druhů zvířat i odvod vody pod komunikací (Hlaváč a Anděl 2001; TP 180). Mohou podstatně snížit úmrtnost, a to až z 90% (Dodd et al. 2004) a jsou ekonomicky i biologicky velmi efektivní (Foster a Humphrey 1995; Hlaváč a Anděl 2001).

DOPROVODNÁ OPATŘENÍ A FUNKČNOST

Doprovodná opatření slouží k oddělení zvířat od komunikace nebo jejich navedení k průchodu. V případě oplocení nebo svodidel jde o pevnou bariéru (Dodd et al. 2004; TP 180). V případě použití pachových odpuzovačů a ultrazvukových plašičů spoléháme na instinkty zvířete (web 4). Řešením mohou být sezónní liniové bariéry pro obojživelníky podél cest s nádobami a jejich přenášení na druhou stranu komunikace. Další možnost skýtá i propustek, který může být součástí i málo frekventované cesty na potřebném místě (8; Puky 2005). Většinou se jedná o konkrétní lokality s početnými cílovými druhy ochrany a aplikace na všechny cesty ani nemůže být možná.

Hlavním důvodem oplocení dálnice i komunikací s nižší frekventovaností provozu je zamezení střetů vozidel se zvířaty přebíhajícími cestu, či jejich navedení k podchodu nebo nadchodu. Je zřejmé, že ideálním řešením by byl dostatečný počet průchodů všech kategorií při úplném zaplacení všech úseků mezi těmito objekty, což je prakticky nerealizovatelné. Je ale nutné udržovat stávající oplocení ve funkčním stavu (Hlaváč 2001; Hlaváč a Anděl 2001; Dodd et al. 2004; Chovančíková 2012). Pokud je narušena celistvost plotu a zvířata se dostanou do zaplaceného prostoru, pak se snaží uniknout a ve stresu naráží do oplocení. V případě této pasti obojživelníci končí s jistotou pod koly vozidel (Hels a Buchwald 2001; Gibbs a Shriver 2005). Stejný problém může vzniknout i u špatně zakončeného oplocení, kde také dochází k průniku do zaplaceného prostoru. Nežádoucí efekt zde mohou mít i protihlukové stěny. Značný význam má správná volba polohy a výška oplocení, aby nedošlo například k přeskočení zvířat do prostoru vozovky. Plocení, které je optimální z hlediska zamezení vbíhání zvířat na cestu, však může být problematické pro samotnou údržbu komunikace a v případě mimořádných událostí bránit úniku osob z ohroženého prostoru. Správné umístění oplocení je mezi travnatým pásem podél krajnice a začátkem stromových a keřových porostů (Hlaváč a Anděl 2001; TP 180).

Migrační profil je funkční, jestliže je využíván a zajišťuje bezpečnou migraci, která je podložena výzkumem či terénním šetřením, nemělo by jít o naše pocity ani odhady (Forman et al. 2003; Bojda et al. 2010). Je důležitá kontrola celistvosti plotů a průchodnosti propustků. Velkou roli hraje zvyk na tyto struktury a pozitivní zkušenost zvířat s využitím alternativy překonání komunikace ve stresové situaci (Jackson a Griffin 2000).

PRIORITNÍ OBLASTI PREVENCE

Některá území i druhy jsou citlivější ke změnám. V oblastech významných z ekologického či ekosystémového hlediska by měla být prevence mortality na prvním místě. Tropické lesy (Laurance et al. 2009; Baskaran a Boominathan 2010) či různé rezervace a chráněná území (Taylor a Mooney 1991; Shwiff et al. 2007; Coelho et al. 2008) a oblasti s velmi hustou silniční sítí (Forman a Alexander 1998; Forman 2000; Brodziewska 2006) vyžadují zvýšenou pozornost. Např. tropy Ameriky a Afriky, kde také dochází k budování nových cest, jsou postiženy odlesňováním podél cest (v 95% do 50m od cesty). Postupem času se změní odlesněné prostředí na dalších 50m směrem do okolí. Následně je zde více světla, časté požáry a dochází k vysušení půdy s následnou erozí. Okrajový a bariérový efekt je zde fatální (Laurance et al. 2009).

Komunikace jen nezabíjí, dochází k rušení zvířat hlukem, světlem a je omezován pohyb bariérovým efektem (Forman a Alexander 1998; Forman 2000; Hlaváč a Anděl 2001; Brodziewska 2006; Glista et al. 2009; Laurance et al. 2009). Proto je zde nutná zvýšená pozornost k problematice mrtvých zvířat na cestách. Například v Indii prochází mnoho komunikací přes chráněná území, proto jsou zde vážnější dopady na celosvětově chráněné volně žijící živočichy a jejich stanoviště (Chhangani 2004; Baskaran a Boominathan 2010).

BEZPEČNOST PROVOZU A EFEKTIVITA

Se srážkou zvířete jsou spojena také lidská zdravotní rizika a bezpečnost provozu (Hughes et al. 1996; Brodziewska 2006). Pro příklad: v roce 2010 bylo na silnicích v ČR evidováno 3 523 nehod způsobených lesní zvěří nebo domácími zvířaty (web 1). Těžko však odhadovat kolik případů nahlášeno nebylo (Herz 1970; Anděl a Hlaváč 2008). V jednom případě byla srážka smrtelná a 10 dalších případů bylo posouzeno jako těžké zranění (web 1). Zejména s vysokou rychlostí se stává srážka nebezpečnější

(Forman a Alexander 1998), ale důležitou roli mohou hrát i faktory viditelnosti, přehlednosti komunikace a především velikosti zvířete (Brodziewska 2006; Glista et al. 2009). Celkem byly tyto havárie vyčísleny škodou 133 680 500 Kč (web 1).

Financování migračních objektů a doprovodných opatření bývá velmi nákladné (Glista a DeVault 2008). Je proto nutné, aby vznikaly na vhodných místech, měly potřebnou podobu a rozměry (Hlaváč a Anděl 2001; TP 180) a byly efektivní (Hlaváč a Anděl 2001; Glista et al. 2009). Před jejich postavením či rekonstrukcí je tudíž potřeba monitorovat místa častějších střetů zvířat s automobily, aby mohly být všechna dostupná preventivní opatření zapojena efektivně (Dodd et al. 2004; Sullivan et al. 2004; Brodziewska 2006). Sledovat, kolik za rok na určitých úsecích dálnice zemřelo zvířat je v otázkách prevence naprosto neefektivní, pokud nejsou tato data použita pro další plánovaná konstrukční řešení migračních koridorů (web 7). Je nutná spolupráce biologů, dopravního a územního plánování výstavby a souhrnné hodnocení projektů pro zmírnění úmrtnosti. To vše s ohledem na cílové druhy živočichů, preventivní opatření a budoucí využití krajiny (Forman et al. 2003; Krestýnová 2009; Anděl et al. 2010 2; Bojda et al. 2010; Krajča 2011).

Vynakládání finančních prostředků na migrační přechody má smysl pouze tehdy, budou-li tyto přechody pro zvířata účinně plnit svoji funkci a zároveň dosažený efekt bude úměrný vynaloženým prostředkům. Možnou cestou zjištění škod na zvířatech je tzv. oceňování druhů (Shwiff et al. 2007), protože není výjimkou sražení vzácného či chráněného zvířete (Anděl et al. 2010 2; Baskaran a Boominathan 2010). Nákladné záchranné programy a speciální projekty mohou být zbytečné, pokud je populace výrazně oslabována silniční dopravou (Roger et al. 2010).

Vzhledem ke stále rostoucímu objemu dopravy (Forman 2000; Anděl a Hlaváč 2008; Miko a Hošek 2009; 3) a rozčlenění životního prostředí téměř neprostupnými bariérami stále houstnoucí sítě cest, lze vyslovit oprávněnou obavu, že současná výhoda České republiky ve fragmentaci krajiny (při srovnání se západními státy Evropské unie) se brzy ztratí, pokud nebudou včas přijata odpovídající opatření na strategické úrovni. Např. zohledněním již existujících bariér při nové projekci nebo odstraňováním bariérového efektu vhodnými kompenzačními opatřeními na stávajících komunikacích (Miko a Hošek 2009).

VLASTNÍ VÝZKUM

METODIKA PRÁCE

CHARAKTERISTIKA STUDOVANÝCH ÚZEMÍ

Výzkum probíhal na území dvou krajů. V Olomouckém kraji byly sledovány tři komunikace o celkové délce 23,80 km (tab. 1). Komunikace se nacházejí na okrajích Olomouce v převážně zemědělské krajině s roztroušenou zástavbou (p. I). Silnice 1. třídy byla sledována v úseku Olomouc–Chválkovice ve směru Šternberk v nadmořské výšce 220–240 m n. m. Úsek cesty 2. třídy, od mimoúrovňové křižovatky s E 442 do Dubu nad Moravou, v nadmořské výšce 210–260 m probíhá v blízkosti řeky Moravy. Silnice 3. třídy procházející obcemi Bohuňovice, Hlušovice a Týneček, se nachází ve stejné nadmořské výšce jako komunikace 1. třídy a je na ni přímo napojena.

Na území Zlínského kraje byly sledovány tři komunikace o celkové délce 45,25 km (tab. 1). Komunikace se nacházejí převážně v nížinné zemědělské krajině s roztroušenou zástavbou a listnatými lesy (p. II). Silnice 1. třídy byla sledována v úseku od Otrokovic ke Starému Městu, v nadmořské výšce 200 m n. m., v blízkosti koryta řeky Moravy. Úsek cesty 2. třídy z Jarošova do Bohuslavic u Zlína, v nadmořské výšce 190–230 m se z části nachází v kopcovitém terénu okraje Vizovické vrchoviny, podél toku Březnice. Silnice 3. třídy z Bohuslavic u Zlína, přes Napajedla do Zlína se nachází v rozmezí 200 až 350 m nad mořem a zahrnuje úseky s hustší zástavbou a průmyslovou zónou.

Tabulka 1: Popis sledovaných cest

Typ cesty	Kraj	Číslo cesty	Délka úseku [km]	Obcí [km]	Mimo obec [km]
1. třída	Olomoucký	46	6,50	2,63	3,87
2. třída	Olomoucký	435	10,00	2,90	7,10
3. třída	Olomoucký	44610	7,30	3,25	4,05
1. třída	Zlínský	55	14,65	7,77	6,88
2. třída	Zlínský	497	14,80	7,20	7,60
3. třída	Zlínský	4972, 4976, 49724, 4973	15,80	5,38	10,42

SBĚR DAT

Sběr sražených obratlovců probíhal od dubna do září roku 2010. Toto období bylo zvoleno podle očekávané četnější úmrtnosti (Krištín a Sárossy 2002; Erritzoe et al. 2003; Hell et al. 2005; Smith-Patten a Patten 2008; Barthemess a Brooks 2010). Přibližně ve čtrnáctidenních intervalech v období od 23. 4. do 29. 9. jsem projížděla vybrané úseky ve Zlínském kraji (tab. 1 a obr. 2) a evidovala mrtvé obratlovce. Jezdila jsem na kole, při nízké rychlosti přibližně 18 km/h, především v poledních a odpoledních hodinách. Pro zjištění skutečné frekvence komunikace jsem zapisovala počet projetých motorových vozidel za 10 minut v obou směrech. Pro určení úseků ležících v obci nebo mimo obec jsem podle tachometru zaznamenala polohu cedulí označujících konec a začátek obce. Zaznamenávala jsem druh zvířete, zda se nachází v obci či mimo obec. Polohu mrtvol jsem poznamenala podle tachometru, dle kilometrů úseku, na kterém se nachází. V případě, že se mi nepodařilo určit druh zvířete přímo na místě, mrtvolu nebo její část jsem sebrala, uchovávala ji v mrazáku a později určila za pomoci odborníků z katedry zoologie, určovacích klíčů a publikací (Jenni a Winkler 1994; Anděra a Horáček 2005; Hudec et al. 2007; Mullarney et al. 2000). Pokud se zvíře z důvodu rozježdění nebo vlivů počasí nezdařilo určit do druhu, byla snaha o nejpřesnější taxonomické zařazení jako sp., případně do třídy obratlovců (viz p. III). Úseky v oblasti Olomouce (tab. 1 a obr. 1) projížděla pomocí stejné metodiky Beata Matysioková, a to v období od 23. 4. do 11. 9. 2010.

ZPRACOVÁNÍ DAT

Data byla zpracována v tabulkovém editoru MS Excel 2007 (grafy 1-6, tabulky 1 a 2 a příloha III) a statistickém programu NCSS 2007 (grafy 7-9, tabulka 3 a příloha V), grafická úprava pak v Adobe Photoshop CS5 (grafy 7-9 a příloha I, II a V).

Pro posouzení sezonality mortality byl pro jednotlivé měsíce vypočten teoretický dopočet úmrtnosti obratlovců (viz tab. 2). Počty mrtvol byly dopočítány vždy pro 4 kontroly, tedy pokud to bylo nutné vždy na 2 kontroly pro každou oblast v měsíci, podle skutečné úmrtnosti v dané oblasti výzkumu.

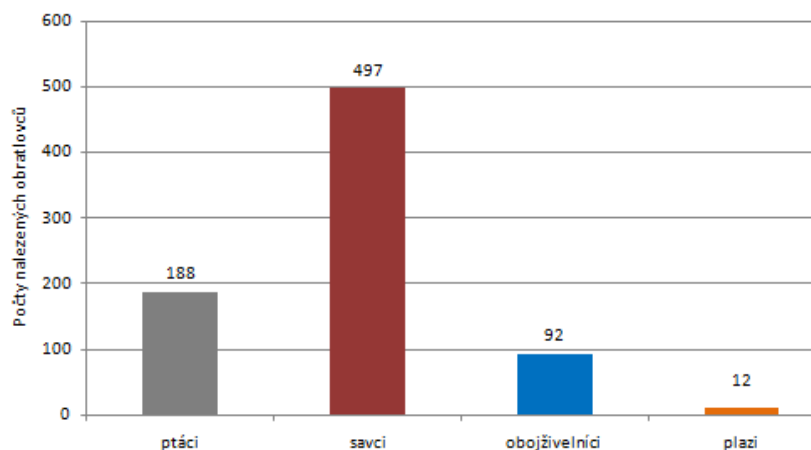
Po vynesení distribuce dat a zjištění, že nejsou normálně rozdělena, byla data úmrtnosti všech obratlovců na kilometr úseku komunikace transformována logaritmickou metodou ($\log_{10}(x+0,1)$). Data úmrtnosti ptáků a savců na kilometr byla transformována

inverzní metodou ($-1/(x+1)$). Analýza dat byla po transformaci provedena ve statistickém programu NCSS 2007. Zvolené a testované prediktory a jejich hladiny jsou (tab. 3): A-oblast, lokality výjezdů Olomoucký kraj (OL) a Zlínský kraj (ZL). B-cesta, dle frekventovanosti dopravy I., II. a III. třída komunikací (1, 2 a 3). C-usek, část cesty procházející obcí-město (s rychlostí 50km/h a méně) a mimo obec-neměsto (s rychlostí 50-90 km/h). D-sezona, část roku kdy probíhal sběr mrtvol, jaro (duben, květen), léto (červen, červenec a srpen) a podzim (září).

VÝSLEDKY

POPISNÉ VÝSLEDKY

Na cestách ve Zlínském kraji bylo při 11 výjezdech projeto 497,75 km cest a při 9 výjezdech v Olomouckém kraji projeto 214,20 km cest. Celkem bylo registrováno 771 sražených obratlovců patřících do 53 rodů ze čtyř živočišných tříd (obr. 1). Relativní mortalita (tj. počet mrtvých zvířat na 1 km cesty) tak činila 11,17 mrtvol na kilometr cesty, respektive 1,08 obratlovce na najetý kilometr za sezónu. Pro ptáky byl tento údaj 2,72, pro savce 6,94, pro obojživelníky 1,33 a pro plazy 0,17 mrtvol na 1 km délky cesty (viz příloha III).



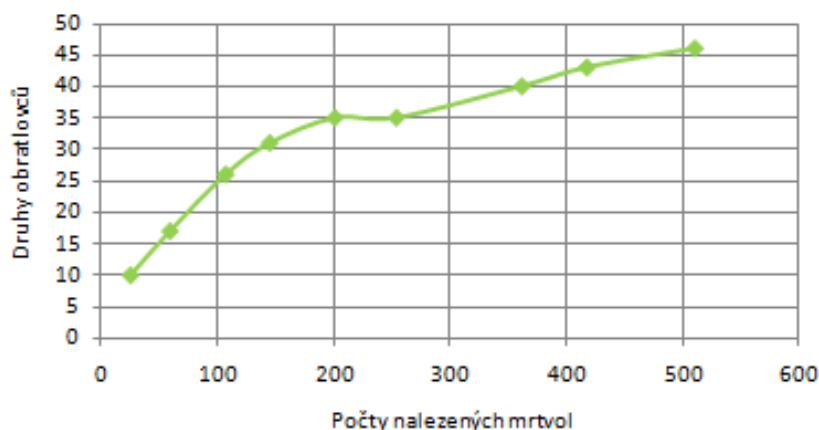
Obrázek 1: Nalezení mrtví obratlovci podle taxonomických tříd

Nejčteněji nalezené druhy obratlovců byly: ježek (*Erinaceus sp.*) 17,25 % z mrtvých zvířat, hraboš polní (*Microtus arvalis*) 14,79 % z mrtvých zvířat a křeček polní (*Cricetus cricetus*) 9,99 % z mrtvých zvířat (viz p. III). Počty nalezených druhů stoupaly s počtem nalezených mrtvých obratlovců během po sobě jdoucích kontrol (viz obr. 2).

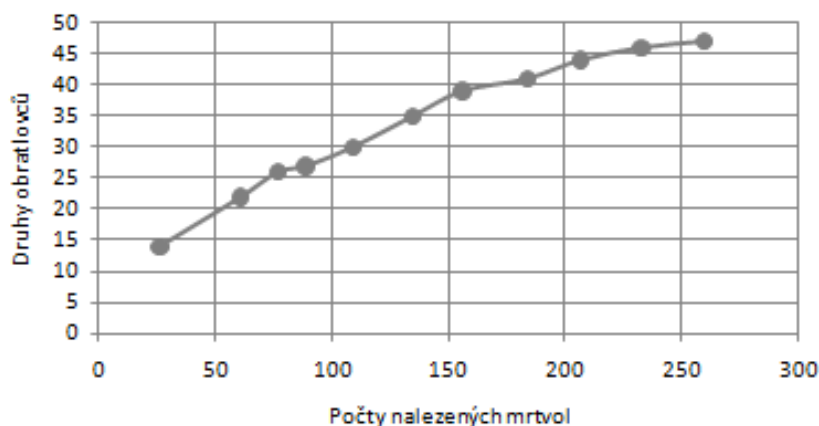
Nejčteněji nalezené druhy jednotlivých živočišných tříd byly: vrabec domácí (*Passer domesticus*) 11,70 % z mrtvých ptáků, ježek (*Erinaceus sp.*) 27,77 % ze savců, ropucha zelená (*Pseudepidalea viridis*) 64,13 % z obojživelníků a užovka obojková (*Natrix natrix*) 50,00 % z mrtvých plazů (viz p. III).

Do druhu se nezdařilo určit 41 ptáků a 18 savců, tedy 7,65 % z evidovaných obratlovců (viz p. III). Z celkového počtu jedinců volně žijících ptáků byl pouze jeden pták okroužkovaný (kalous ušatý, 0,53 % z mrtvých ptáků) a ve 37 případech (4,80 %) se jednalo o zvířata domácí (pes domácí, kočka domácí, holub domácí a papoušek vlnkovaný).

Olomoucký kraj



Zlínský kraj

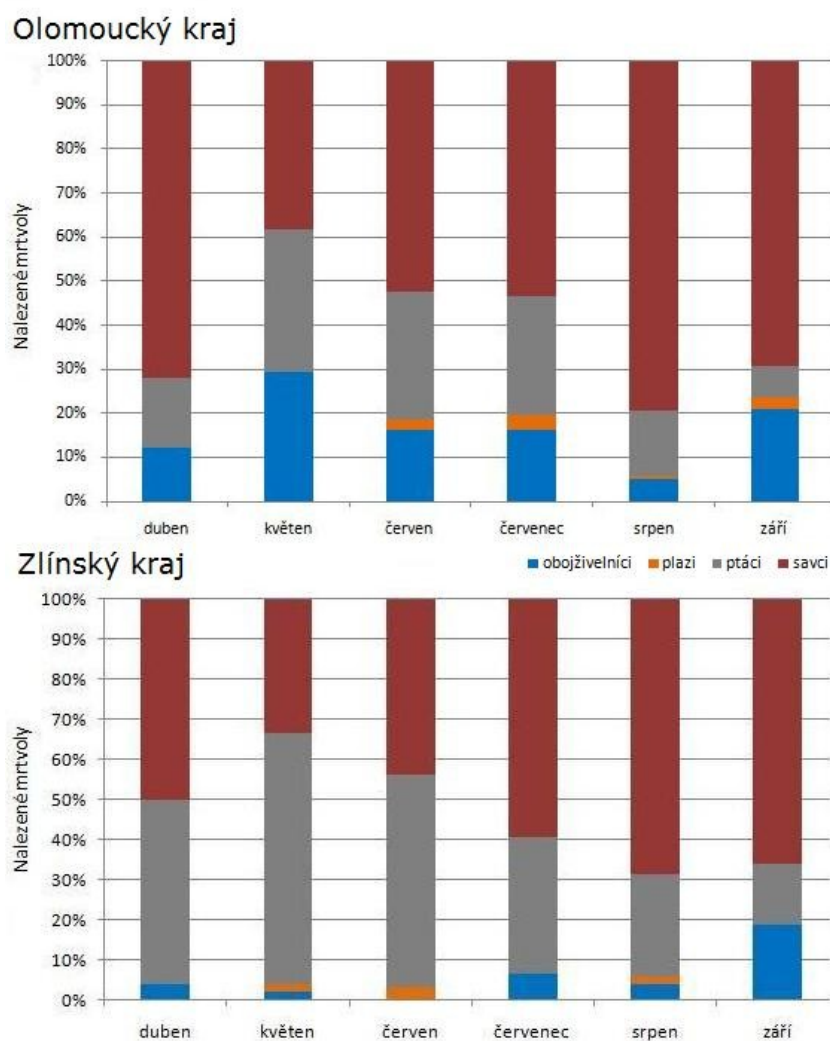


Obrázek 2: Kumulativní křivky počtu druhů obratlovců dle počtu nalezených jedinců v jednotlivých krajích (nezahrnují neurčené obratlovce)

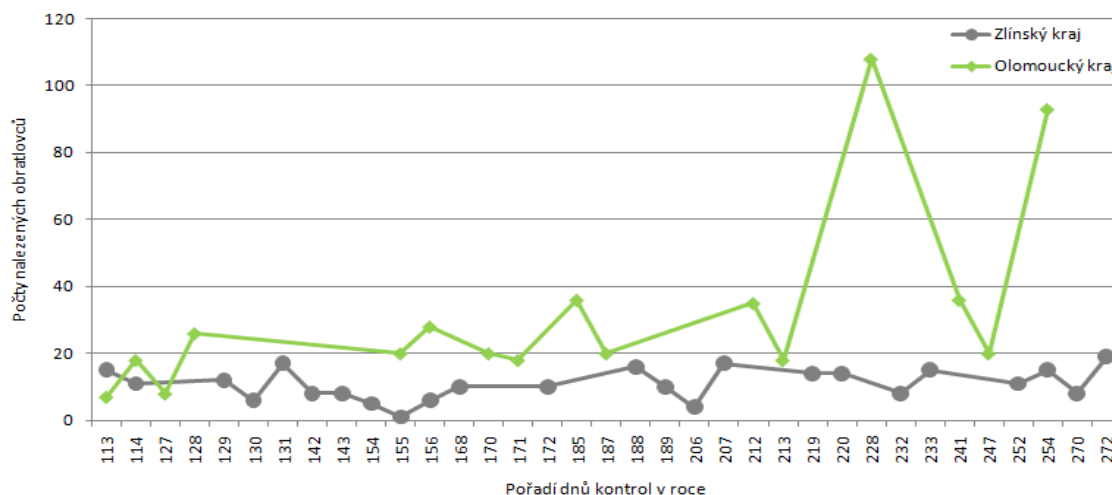
Úmrtnost v průběhu sledovaných měsíců nebyla rovnoměrná, nejčtenější byla v měsíci srpnu (27,50 % ze všech uhynulých zvířat) a nejnižší v dubnu (viz tab. 2 a obr. 3 a 4, příloha V).

Tabulka 2: Úmrtnost ve sledované části roku (*dopočet viz zpracování dat)

Měsíc roku 2010	Počet kontrol	Počet nalezených mrtvol	Teoretický dopočet úmrtnosti
duben	2	51	102*
květen	3	85	119*
červen	4	118	118
červenec	3	103	159*
srpen	4	212	212
září	4	202	202



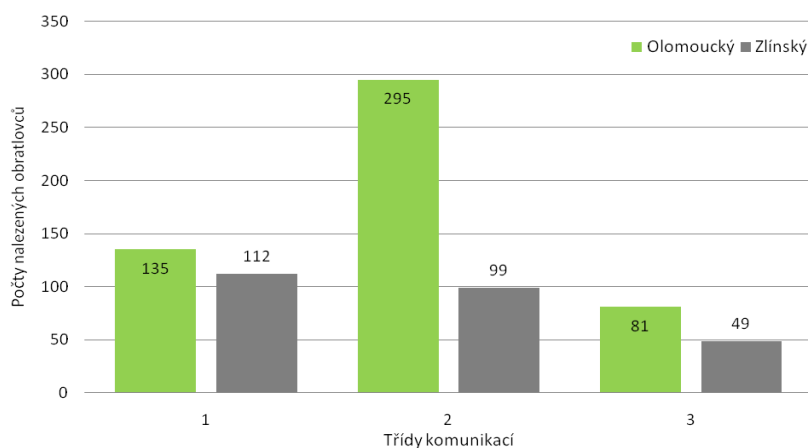
Obrázek 3: Úmrtnost ve sledované části roku dle tříd živočichů v jednotlivých krajích



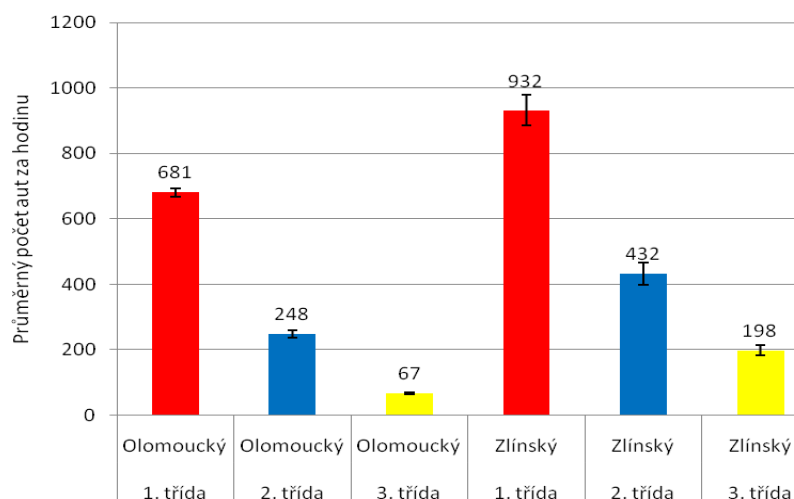
Obrázek 4: Úmrtnost ve sledované části roku (pořadí dnů počítáno od 1. 1.) dle kontrol cest v jednotlivých krajích

Celkový počet mrtvol nalezených na komunikacích v obci byl 270 (35 %), z toho 180 v Olomouckém kraji (relativní mortalita: 20,50 mrtvoly na 1 kilometr sledované cesty tohoto kraje probíhající obcí) a 90 ve Zlínském kraji (rel. mor. 4,42/km). Počet mrtvol nalezených na komunikacích mimo obec byl 501 (65 %), z toho 331 v Olomouckém kraji (relativní mortalita: 22,04 mrtvoly na 1 kilometr cesty tohoto kraje probíhající mimo obec) a 170 ve Zlínském kraji (rel. mor. 6,83/km).

Úmrtnost se lišila podle komunikace (obr. 5) a její frekventovanosti (obr. 6), nejvíce mrtvol bylo nalezeno v Olomouckém kraji na silnici 2. třídy.



Obrázek 5: Úmrtnost obratlovců v roce dle tříd cest v krajích (celkové počty sražených obratlovců nalezené během všech kontrol na komunikacích příslušné třídy)



Obrázek 6: Frekventovanost jednotlivých komunikací (průměr ± SD)

VÝSLEDKY STATISTICKÉ ANALÝZY DAT

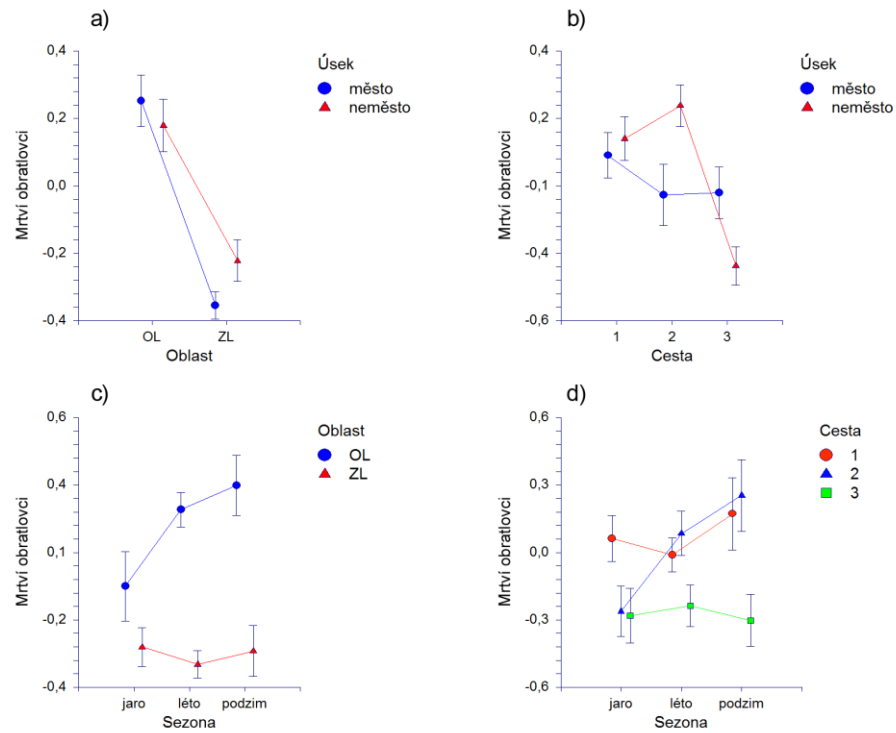
Vliv sezónnosti na mortalitu obratlovců na cestách (D v tab. 3) je odlišný v Olomouckém a Zlínském kraji (obr. 7c). Její vliv se také liší na různě frekventovaných cestách (obr. 7d). To, zda se úsek nachází v obci nebo mimo obec (C v tab. 3), což souvisí mj. s rychlostí aut a typem zástavby, má odlišný vliv na mortalitu obratlovců v Olomouckém a Zlínském kraji (obr. 7a). Typ komunikace (B v tab. 3), který souvisí s frekventovaností provozu (obr.6), má na úmrtnost obratlovců různý vliv podle toho, zda se jedná o úsek v obci nebo mimo obec (C v tab. 3, obr. 7b).

Práci a savci jsou sezónní odlišně, ptáci různě v Olomouckém a Zlínském kraji (obr. 8b). Savce ovlivňuje se sezonou a úsekem komunikace i její typ, a to odlišně v Olomouckém a Zlínském kraji (obr. 9). Závislost úmrtnosti ptáků na cestách s vlivem úseku cesty je odlišná dle typu komunikace (obr.8a).

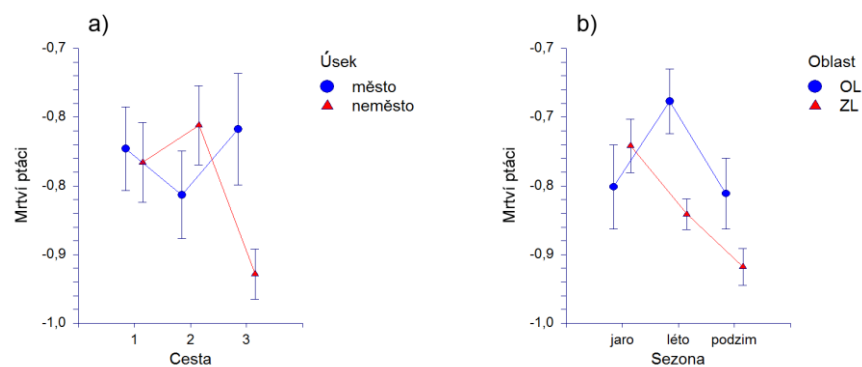
Tabulka 3: Analýza variance (* signifikantní na $\alpha = 0,05$)

	Obratlovci/km			Ptáci/km			Savci/km		
	F	df	P	F	df	P	F	df	P
A: Oblast	72,76	1	< 0,0001*	3,72	1	0,0566	54,51	1	< 0,0001*
B: Cesta	15,88	2	< 0,0001*	0,90	2	0,4087	36,97	2	< 0,0001*
C: Úsek	1,63	1	0,2049	0,10	1	0,7584	14,54	1	0,0002*
D: Sezona	2,97	2	0,0561	3,07	2	0,0507	8,51	2	0,0004*

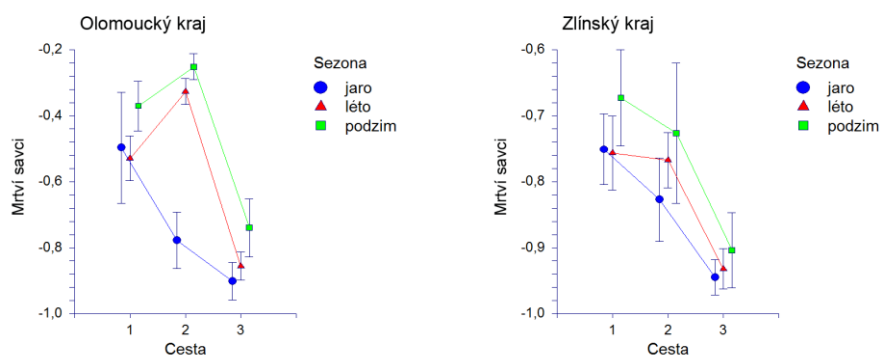
AB	0,22	2	0,8050	1,26	2	0,2871	7,71	2	0,0008*
AC	4,25	1	0,0418*	2,09	1	0,1511	1,05	1	0,3082
AD	4,72	2	0,0110*	3,83	2	0,0250*	3,08	2	0,0505
BC	12,18	2	< 0,0001*	3,87	2	0,0241*	1,72	2	0,1844
BD	3,26	4	0,0148*	0,14	4	0,9690	2,50	4	0,0471*
CD	1,63	2	0,2016	2,20	2	0,1159	0,57	2	0,5698



Obrázek 7: Interakce prediktorů působících na úmrtnost obratlovců (hodnoty na ose y po logaritmicke transformaci \pm SE, viz zpracování dat)



Obrázek 8: Interakce prediktorů působících na úmrtnost ptáků (hodnoty na ose y po reciproké transformaci \pm SE, viz zpracování dat)



Obrázek 9: Interakce prediktorů působících na úmrtnost savců (hodnoty na ose y po reciproké transformaci \pm SE, viz zpracování dat)

DISKUSE

RELATIVNÍ MORTALITA

Základním ukazatelem úmrtnosti zvířat na cestách je relativní mortalita, tedy počet mrtvých zvířat na jednotku délky cesty (Anděl a Hlaváč 2008). To je ale informace poměrně strohá, zvláště neznáme-li časové období sběru těchto dat nebo nás zajímají konkrétní druhy usmrcených zvířat. Zaměřit se tedy pouze na porovnávání relativní mortality je nedostatečné. Při podrobnějším pohledu na výsledky výzkumů zjišťujeme, jak je také důležitá podobnost metodiky (Erritzoe 2002). Každá oblast je specifická svým klimatem, žijícími druhy, zalesněním, hustotou silniční sítě, osídlením a mnohými dalšími faktory (Caro et al. 2000). Je proto třeba se zamyslet, zda je vůbec možné srovnávat odlišně designované práce z různých oblastí světa (Erritzoe et al. 2003; Barthemess a Brooks 2010).

Mnou zjištěná relativní mortalita obratlovců je 11,17 na kilometru zkoumaných cest za sezonu (duben-září), tedy 1,083 mrtvého obratlovce na projetí kilometr za sezonu (viz příloha III). Většina autorů, se kterými lze výsledky porovnat, uvádí právě počet nalezených mrtvol přepočtený na kilometry, které projeli, ne na délku úseku cesty kterou sledovali. Při srovnání s pracemi z našich cest z minulosti, je mnou zjištěná relativní mortalita vyšší oproti hodnotě, kterou zjistil Havlín (1987) za 7 let na našich dálnicích, která činila jen 0,058 obratlovce (ptáci a savci)/km. Holišová s Obrtelem (1986), kteří evidovali mrtvé obratlovce na našich cestách (o různé hustotě dopravy) zjistili také nižší relativní mortalitu, a to pouze 0,016/km. V porovnání s novějším

průzkumem Anděla a Hlaváče (2008), kteří evidovali během více než ročního sčítání 1,68 mrtvých obratlovců/km cesty (o různé hustotě dopravy) je však mnou zjištěná relativní mortalita nižší.

Známa úmrtnost obratlovců na komunikacích je podobná i ze sousedních států. Gryz a Krauze (2008) v Polsku za 2 roky napočítaly 0,75 mrtvého obratlovce/km. Herz (1970) našel za rok na slovenských cestách jen 0,099 obratlovce (ptáků a savců)/km. Také na Slovensku napočítali podstatně více během 2 let Hell et al. (2005), a sice na cestách o délce 32 km našli 3009 mrtvol ptáků a savců (tedy 94,03 mrtvoly/km cesty, v průměru to bylo 3,6 mrtvoly/km za měsíc).

Příkladem rozdílnosti zjištěné mortality z různých oblastí světa mohou být např. studie z USA, kde Glista et al. (2007) zdokumentovali 10515 úmrtí obratlovců zadobu 17-ti měsíců (průměrně 7,07 mrtvoly/km, ale s rel. mor. 876,25/km cesty) a Dodd et al. (2004) napočítali na 3,2 km floridské dálnice za rok 1891 mrtvých obratlovců (tedy 590,94 mrtvoly/km cesty). To je daleko více než v jiných pracích, kde např. Glista a DeVault (2008) v USA evidovali za rok 0,44 obratlovce/km. Clevenger et al. (2003) evidoval za 3 roky v Kanadě 0,01 obratlovce/km, Pinowski (2005) ve Venezuele napočítal během 5 šetření 0,028 obratlovce/km, ovšem cesty byly kontrolovány z auta při 60-80-ti kilometrové rychlosti (nalezeno pouze 79 kusů při 2860 najetých kilometrech). Daleko vyšší úmrtnost zjistili Brockie et al. (2009), za 3 šetření na Novém Zélandu, kde našli 0,93 obratlovce (ptáků a savců)/km a Coelho et al. (2008), kteří stanovili úmrtnost savců a ptáků na brazilské dálnici na 0,34 /km za měsíc. Vysvětlení, proč se čísla mortality mnohdy tak zásadně liší, je pravděpodobně v odlišné metodice. To, jak často, jakým způsobem a jak svědomitě je šetření prováděno, zůstává primárním zdrojem dat a také chyb.

Mnou zjištěná relativní mortalita ptáků je 2,72/km cesty a 0,264/najetý km za sezonu (viz příloha III), to je mnohem méně než u Orłowského (2008), který sbíral ptáky na cestách v Polsku přes 2 roky a stanovil jejich průměrnou úmrtnost na 9,1/km za rok (zjištěná rel. mor. 17,66/km cesty). Také to je méně než u Hella et al. (2005), kteří na Slovensku napočítali 51,28 mrtvého ptáka/km cesty za 2 roky. Havlín (1987) za 7 let na našich dálnicích napočítal 0,018 ptáka/km, tedy ve srovnání se staršími daty je mnou

zjištěná relativní mortalita ptáků vyšší. Avšak Hodson a Snow (1965) evidovali ve Velké Británii 9,44 mrtvého ptáka/km za rok.

Mnou zjištěná relativní mortalita pro savce je 6,94 mrtvol/km cesty a 0,673/najetý km za sezonu (viz příloha III). Aktuální práce zabývající se plošným zkoumáním mortality na našich cestách zaměřená pouze na savce není k dispozici, z okolních států je vysoká relativní mortalita savců na Slovensku. Hell at al. (2005) zde napočítali 42,75 mrtvého savce/km cesty za 2 roky. K porovnání je snad možné použít také novější práce z USA, odkud jsou čísla podstatně nižší. Smith-Patten a Patten (2008) zde evidovali za 3 roky 0,086 savce/km a Barthemess a Brooks (2010) našli v průměru 0,038 savce/km za týden. Caro et al. (2000) našli za 2 roky v průměru jen 0,012 (malého) savce/km.

Relativní mortalita, kterou jsem zjistila, je pro obojživelníky 1,33 a pro plazy 0,17 mrtvol/km cesty za sezonu, respektive 0,129 a 0,017 mrtvol na najetý kilometr (viz p. III). To je velmi málo v porovnání se zjištěnou mortalitou obojživelníků u Błażuka (2010) z Polska, který nasbíral 287,75 obojživelníka/km cesty za sezonu. Také jinde byla mortalita obojživelníků i plazů vyšší, Ascensão a Mira (2006) v Portugalsku za 2 roky evidovali 48,35 obojživelníka/km a 5,42 plaze/km cesty (tedy 0,895 a 0,100/najeté km). Coleman et al. (2008) evidovali v USA za rok 13,47 obojživelníků a plazů/km cesty. Shwiff et al. (2007) nasbírali na Floridě v průměru 6,4 obojživelníků a plazů na km cesty za rok. Seshadri et al. (2009) napočítal ve 4 dnech v Indii 144 obojživelníků na 3,6 km cesty (40 mrtvol/km cesty). Pravděpodobně je za rozdílnými čísly mortality odlišné prostředí, metodika sběru a především jeho načasování vzhledem k biologii přítomných druhů (Puky 2005). Použitá metodika mého výzkumu nemohla odpovídajícím způsobem podchytit specifika úmrtnosti obojživelníků na komunikacích.

DRUH

Průzkum prováděný na území ČR v 60. letech nám říká, které druhy byly na cestách usmrceny nejčastěji. Mezi ptáky to byli vrabci domácí, především samci, dále pak kosi a drozdi (Čtyroký a Marek 1961). V dlouholetém průzkumu Havlína (1987) byli mezi nejčetněji usmrcenými druhy ty, které jsem já sama nalézala spíše v menší míře nebo vůbec, jako bažant obecný (*Phasianus colchicus*), koroptev polní (*Perdix perdix*) a holub domácí (*Columba livia f. domestica*). Mezi mrtvými ptáky, které jsem na

cestách našla, měl největší zastoupení vrabec domácí (*Passer domesticus*, 11,70 % z mrtvých ptáků), stejně jako v Polsku u Orłowského (2008) a na Slovensku u Hella at al. (2005). Druhým nejčteněji nalezeným druhem u mne byl kos černý (*Turdus merula*, 9,57 % z mrtvých ptáků, viz příloha III). Nejčteněji evidované mrtvé druhy ptáků jsou shodné s těmi v práci Ashiliho (2006, shodných 10,5 km výzkumu). Do skupiny *Passer sp.* zařadil 47,86 % jím nalezených ptáků, ale po vytvoření podobné skupiny (součtem mrtvých *Passer domesticus* a *Passer montanus*) tvoří pouze 18,62 % z mnou nalezených ptáků. Suma neurčených ptáků v práci Ashiliho (2006) byla 12 kusů, tedy 8,57 % ptáků, zatímco v mém výzkumu je to 41, čili 21,81 % všech ptáků (viz příloha III). Z toho usuzuji, že do skupiny (*Passer sp.*) zařadil i těžce určitelné kadávery. Angličanům nelze odepřít vyšší zájem o ptactvo, proto zde byla tato problematika zkoumána s větší intenzitou než kdekoli jinde. Vrabec domácí je tady druhem jednoznačně nejvíce usmrcovaným dopravou (Pickles 1942; Finnis 1960; Hodson 1960 a 1962; Dunthorn a Errington 1964; Stewart 1971; Erritzoe 2002; Erritzoe et al. 2003).

Ze savců byli dle dřívějšího monitoringu území ČR mezi usmrcovanými druhy nejpočetněji zastoupeni ježci, zajáci a hlodavci, dále malé šelmy a vysoká zvěř (Štyrchová 1964). V pozdějším průzkumu Havlína (1987) byl nejvíce usmrcován auty zajíc polní (*Lepus europaeus*), dále hraboš polní (*Microtus arvalis*) a následně ježek s kočkou domácí. Holišová a Obrtel (1986) na našich cestách také napočítali nejvíce zajíce polního. Mezi mrtvými savci, které jsem na cestách našla, měli největší zastoupení ježci (*Erinaceus sp.*, skupina o 133 kusech vytvořená z *Erinaceus concolor*, *Erinaceus europaeus* a ježků neurčitelných do druhu), kteří tvořili 27,77 % z evidovaných savců. Dalšími nejčteněji nalezeným byli hraboš polní (*Microtus arvalis* s 23,80 % z mrtvých savců) a křeček polní (*Cricetus cricetus* s 16,08 % z mrtvých savců, viz příloha III). V práci Ashiliho (2006, shodných 10,5 km výzkumu) měla největší zastoupení skupina skupina *Rodentia* (67,54 % mrtvých evidovaných savců), ale křeček polní (*Cricetus cricetus*), ondatra pižmová (*Ondatra zibethicus*) a myš (*Mus sp.*) jsou počítány odděleně. Dále je v jeho práci nejčtenější ježek (je uveden pouze ježek západní), který tvoří 13,80 % mrtvých savců, což je daleko méně než zastoupení ježků v mém výzkumu. Na Slovensku, v práci Hella at al. (2005), byl nejčastěji nalezený křeček polní (*Cricetus cricetus*, 35,7 % z mrtvých savců) a myš (*Mus sp.*),

zatímco ježek západní tvořil jen 8,7% z mrtvých savců. V práci Krištína a Sárossyho (2002) také ze slovenských cest, je nejčastěji evidovaný ježek, pak liška a kuna. Domnívám se, stejně jako Krištín a Sárossy (2002) a Bartoš (2010), že za úbytky mrtvých zajíců z našich cest je podstatné snížení jejich stavů.

Nejčastěji nalezeným obojživelníkem na mnou zkoumaných cestách byla ropucha zelená (*Pseudepidalea viridis*, 64,13 % z obojživelníků). Podle Elzanowského et al. (2009) je nejčastěji usmrceným druhem nížin Evropy v místech se zástavbou ropucha obecná (*Bufo bufo*), která mezi mnou nalezenými kadávery měla zastoupení pouze 1,82 % (viz příloha III). Šetření Gryz a Krauze (2008) v Polsku ukázalo, že 73 % z mrtvých žab je ropucha obecná. Dvouleté šetření Błażuka (2010) tamtéž ukázalo také jako nejčastěji usmrcenou ropuchu obecnou a skokana hnědého. Lodé (2000) ve výzkumu ve Francii také potvrdil jako nejčastější oběť ropuchu obecnou (56,7 % jím nalezených obojživelníků). Použitá metodika mého výzkumu nemohla odpovídajícím způsobem podchytit specifika úmrtnosti obojživelníků na komunikacích. Existence samotné cesty může způsobit obojživelníkům v jejím okolí nemalé komplikace. Čím dále zvíře chodí při uspokojování svých potřeb, tím více cest křížuje a tím stoupá pravděpodobnost jeho usmrcení (Gibbs a Shriver 2005). Jelikož neznáme skutečnou početnost populací obojživelníků, mohou být úbytky v populacích vyšší, než se předpokládá (Elzanowski et al. 2009).

Domácí zvířata, tedy ta která běžně v naší přírodě volně nežijí, v mém výzkumu tvoří 4,80 % všech nalezených mrtvol (1 pes domácí, 32 koček domácích, 3 holubi domácí a 1 papoušek vlnkovaný). Poměrně velkou část zaujímají šelmy. Ve studii z Portugalska zaměřené na šelmy jednoznačně převažovali mrtví dospělci lišek a kun, celková roční mortalita byla 0,47/km (Grilo et al. 2009). U jiných autorů mohou být domácí zvířata ze sumy kadaverů vyjmuty, protože je jejich úmrtnost nezajímá, neboť nemá žádnou vypovídající hodnotu o mortalitě volně žijících živočichů (Clevenger et al. 2003; Carvalho a Mira 2011), případně jsou zařazena mezi ostatní zvířata (Hell et al. 2005; Ashili 2006).

SEZONALITA

Distribuce úmrtnosti během roku je rozdílná podle podmínek prostředí (Erritzoe et al. 2003), proto nelze srovnávat odlišná území (s různou teplotou a jejím kolísáním,

odlišnou nadmořskou výškou, rozdílným objemem srážek a jejich rozložením v roce). Základní pravidlo, že v teplejším období je mortalita na cestách vyšší (Pickles 1942; Čtyroký a Marek 1961; Dunthorn a Errington 1964; Havlín 1987; Krištín a Sárossy 2002; Erritzoe et al. 2003; Hell at al. 2005; Coelho et al. 2008; Glista a DeVault 2008; Krestýnová 2009; Barthemess a Brooks 2010; Lesiński et al. 2010), platí především proto, že aktivita zvířat je také na vrcholu. Existují však odlišnosti v průběhu mortality mezi třídami živočichů i mezi jednotlivými druhy. Např. ve Velké Británii Hodson (1960) zaznamenal nejvyšší úmrtnost savců v březnu a květnu, u ptáků v květnu, červenci a srpnu a u žab v dubnu a říjnu. Úmrtnost sovy pálené (*Tyto alba*), kterou zkoumal Massemin et al. (1996), byla nejvyšší v zimních měsících s kratší světelnou částí dne.

Mnou zjištěná mortalita obratlovců na cestách byla nejčtetnější v měsíci srpnu a nejnižší v dubnu (tab. 2). Ale její hodnoty v průběhu roku nebyly v obou oblastech výzkumu shodné (viz tab. 3 a příloha příloha V). V Olomouckém kraji výrazně stoupá mortalita s průběhem roku, ale ve Zlínském kraji spíše stagnuje (obr. 7c). Vliv sezonality nebyl shodný ani na různě frekventovaných komunikacích (obr. 7d). Podobný roční průběh mortality zaznamenali i další autoři, např. na našich dálnicích evidoval Havlín (1987, u ptáků a savců) nejvíce úmrtí v červnu až srpnu a nejmíň v prosinci až únoru. Jako možnou příčinu úbytku kadaverů v zimních měsících udává dravce a krkavce hledající potravu, i díky tomu je jejich úmrtnost pravděpodobně v těchto měsících vyšší. Všeobecně jsou ptáci více sezónní než savci (Hell at al. 2005; Gryz a Krauze 2008; Bager a da Rosa 2011).

Sezonalita ptáků v průběhu roku nebyla v obou oblastech výzkumu shodná (viz obr. 3 a tab. 3), v Olomouckém kraji byla jejich úmrtnost nejvyšší v červnu a srpnu, ale ve Zlínském kraji v květnu (obr. 8b). Hell at al. (2005), Gryz a Krauze (2008) a Bager a da Rosa (2011) vyzorovali větší sezónnost u ptáků než u savců, v Polsku Gryz a Krauze (2008) zaznamenali, že ptáci nejvíce na cestách umírají v červnu při vyvádění mláďat. Orłowski (2008) evidoval nejvíce mrtvých ptáků v květnu až srpnu a v srpnu to bylo 82 % juvenilních (z těch u kterých byl určen věk).

Nejvyšší úmrtnost savců jsem zjistila v srpnu a září (62,71 % jejich úmrtnosti, obr. 3). Ale hodnoty jejich mortality nebyly v průběhu roku shodné v obou oblastech výzkumu.

V Olomouckém kraji byla výrazně odlišná sezónnost mortality na různě frekventovaných cestách. (viz obr. 9). V Kanadě Clevenger et al. (2003) zaznamenal nejvíce savců v dubnu. Ale například Caro et al. (2000) v USA evidovali mortalitu u středních savců bez sezónního trendu.

Mortalita obojživelníků v mém výzkumu byla nejvyšší v září (obr. 3), v Olomouckém kraji 31 kusů a ve Zlínském 10 kusů. Clevenger et al. (2003) a Gryz a Krauze (2008) zaznamenali nejvíce obojživelníků v srpnu. Coleman et al. (2008) zase našel nejvíce obojživelníků na jaro. V USA posbíral Sutherland et al. (2010) ve 3 letech 0,16 živých i mrtvých obojživelníků/km během 89 nocí. Počty se výrazně lišily v závislosti na dešti - pokud pršelo, byly nálezy četnější a výrazně více byly zastoupeny ropuchy. Vyšší počty obojživelníků při dešti zaznamenali i Seibert a Conover (1991).

RYCHLOST AUT

Na komunikaci v obci, tedy na úsecích s nižší rychlostí a hustější okolní zástavbou bylo nalezeno méně obratlovců (270 kusů, rel. mor. 9,27 obratlovce/km cesty) než na komunikaci mimo obec (úseky s vyšší rychlostí, 501 kusů, rel. mor. 12,55 obratlovce/km cesty, viz tab. 3 a obr.7a). I když vyšší rychlost nemá podle Orłowského a Siembieda (2005) vážnější vliv na zranění způsobené nárazem, dochází k odhození mimo vozovku. Tím zvíře unikne z evidence mortality a ve výsledku tak vznikne dojem nižší úmrtnosti v oblasti s vyšší povolenou rychlostí (mimo obec). Tak tomu pravděpodobně je i na komunikacích III. třídy mého výzkumu (viz obr. 7b) a např. u Hodsona a Snow (1965). Další příčinou mohou být např. kočky, které mohou z vozovky, která je více obklopena zástavbou, odstraňovat zemřelé drobné obratlovce.

FREKVENTOVANOST DOPRAVY

Dříve byla většina cest nezpevněných a s menší hustotou dopravy (Warren 1936; Finnis 1960; Holišová a Obrtel 1986). Pro příklad mohu zmínit dvě velmi si podobné práce. Pickles (1942) v roce 1938 počítal na 4,8 km cest ve Velké Británii (Yorkshire) mrtvé obratlovce i bezobratlé, v průměru to bylo 142,3 mrtvoly/km cesty. V USA na 1,6 km (Ohio) spočítali Seibert a Conover (1991) mrtvé obratlovce i bezobratlé a během 14 měsíců to bylo 843,75 mrtvol/km cesty. Otázkou ale zůstává, zda je tento rozdíl způsoben především zvýšením hustoty dopravy nebo jinými faktory ovlivňujícími mortalitu.

Úmrtnost obratlovců se v mém výzkumu lišila dle typu komunikace (obr. 5, B v tab. 3 a příloha V), který mj. souvisel s frekventovaností dopravy (obr. 6). Na úmrtnost obratlovců má, zdá se, vliv hustota dopravy, toto působení ale není stejné v obou oblastech výzkumu (viz tab 3). V Olomouckém kraji bylo nalezeno nejvíce mrtvol na silnici 2. třídy, kde také Ashili (2006) zaregistroval nejvyšší úmrtnost. Ve Zlínském kraji měla mortalita sestupnou tendenci s klesající hustotou dopravy. Baskaran a Boominathan (2010) i Case (1978) také evidovali více mrtvol (savců) na cestách s větší hustotou provozu. Potvrdila jsem vztah hustoty provozu a úmrtnosti savců jako Gryz a Krauze (2008), ale nepotvrdila jsem závislost vyšší úmrtnosti ptáků na frekventovanějších cestách (viz B v tab. 3), kterou vyzorovali Orłowski (2008) i Hodson a Snow (1965).

Vodní toky a plochy atraktivní pro obojživelníky se vyskytují především na cestách s nižší hustotou dopravy (těžko bude docházet k migraci přes dálnici, navíc při nedostatečné průchodnosti) proto je nejvyšší úmrtnost této třídy zaznamenávána na cestách s nižší až nízkou frekventovaností dopravy s blízkostí vodní plochy (Sutherland et al. 2010). Coleman et al. (2008) evidovali za rok v USA 13,47 obojživelníků a plazů/km cesty, ale se statistickým rozdílem úmrtnosti na různě frekventovaných cestách. Glista et al. (2007) zaznamenali více mrtvol obojživelníků na úsecích s hustší dopravou.

ZÁVĚR

Výsledky průzkumu potvrdily závažnost vlivu automobilového provozu na volně žijící živočichy. Silnice nebo její nejbližší okolí je pro řadu zvířat zdrojem vody a potravy (kaluže, plody stromů, obilné zbytky, soustředění hmyzu kolem světla a na teplém povrchu vozovky) a teplý povrch vozovky může být místem k odpočinku. Zvířata ale také na cestách umírají - stačí projíždějící auto.

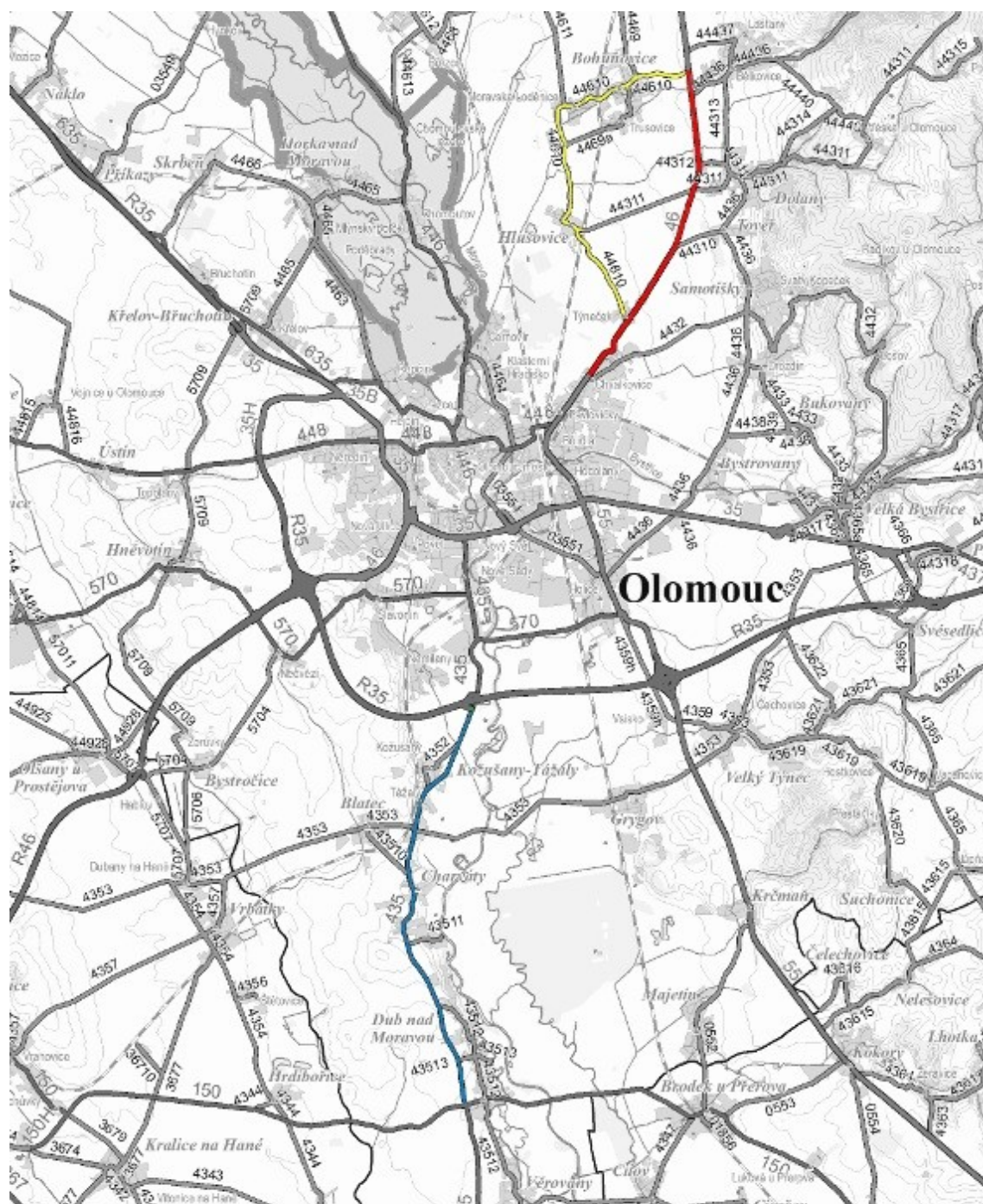
Za období duben-září roku 2010 bylo na cestách o celkové délce 69,05 km evidováno 771 mrtvých obratlovců. Nejčteněji usmrcené druhy byly: ježek (*Erinaceus sp.*), hraboš polní (*Microtus arvalis*) a křeček polní (*Cricetus cricetus*). V této práci jsem se zabývala faktory majícími vliv na mortalitu obratlovců na cestách, především frekvencí a rychlostí dopravy a sezonalitou. Hustota dopravy měla vliv na mortalitu. Více

obratlovců bylo usmrceno na úsecích s vyšší rychlostí projíždějících vozidel a nižší hustotou zástavby. Úmrtnost obratlovců byla ve sledovaném období nepravidelná, nejčetnější byla v měsíci srpnu a nejnižší v dubnu.

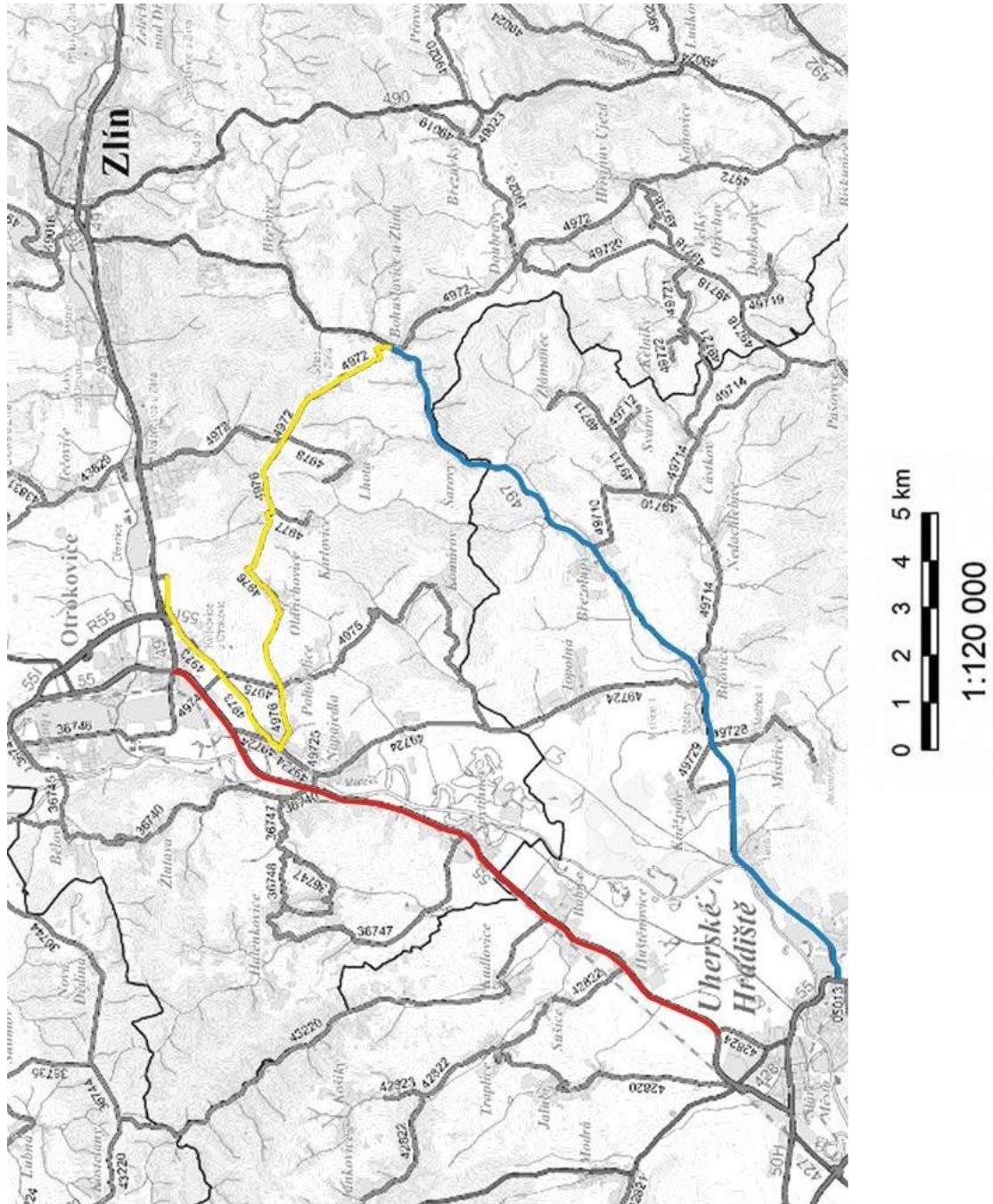
Mnou zjištěná mortalita obratlovců na cestách i nejčetněji evidované mrtvé druhy jsou přibližně shodné s mrtvými druhy a údaji zjištěnými v nedávné době na cestách sousedních států.

Výsledky mého výzkumu poskytují náhled na naše cesty a zvířata, které na nich umírají. Je třeba si uvědomit, že veškeré studie mortality na komunikacích mají význam pouze tehdy, povedou-li k návrhům a realizaci praktických opatření pro snižování mortality živočichů na silnicích. Sledováním úmrtnosti živočichů na cestách je možné stanovování problematických úseků pro savce a ptáky s častými nehodami a s tahovými cestami obojživelníků. Na nich pak můžeme aplikovat využitelné řešení pro jejich překonání cesty.

PŘÍLOHY



I: Zájmová část silniční sítě Olomouckého kraje



II: Zájmová část silniční sítě Zlínského kraje

VI: Nalezení mrtvých obratlovců

Druh	Nalezeno kusů	% z třídy	% z	na 1 km cesty	na nejteplejších 100
		^a	celkem	^b	km
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Anas platyrhynchos</i>	4	2,13	0,52	0,05793	0,56184
<i>Asio otus</i>	3	1,60	0,39	0,04345	0,42138
<i>Carduelis cannabina</i>	6	3,19	0,78	0,08689	0,84276
<i>Carduelis carduelis</i>	2	1,06	0,26	0,02896	0,28092
<i>Carduelis chloris</i>	15	7,98	1,95	0,21723	2,10689
<i>Columba livia f. domestica</i>	3	1,60	0,39	0,04345	0,42138
<i>Coturnix coturnix</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Cyanistes caeruleus</i>	2	1,06	0,26	0,02896	0,28092
<i>Delichon urbica</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Dendrocopos major</i>	2	1,06	0,26	0,02896	0,28092
<i>Emberiza citrinella</i>	4	2,13	0,52	0,05793	0,56184
<i>Falco tinnunculus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Ficedula albicollis</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Fringilla coelebs</i>	3	1,60	0,39	0,04345	0,42138
<i>Galerida cristata</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Hirundo rustica</i>	5	2,66	0,65	0,07241	0,70230
<i>Melospittacus undulatus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Motacilla alba</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Parus major</i>	4	2,13	0,52	0,05793	0,56184
<i>Passer domesticus</i>	22	11,70	2,85	0,31861	3,09010
<i>Passer montanus</i>	13	6,91	1,69	0,18827	1,82597
<i>Perdix perdix</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Phasianus colchicus</i>	9	4,79	1,17	0,13034	1,26413
<i>Phoenicurus ochruros</i>	3	1,60	0,39	0,04345	0,42138
<i>Pica pica</i>	2	1,06	0,26	0,02896	0,28092
<i>Prunella modularis</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Serinus serinus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Streptopelia decaocto</i>	3	1,60	0,39	0,04345	0,42138
<i>Sylvia atricapilla</i>	6	3,19	0,78	0,08689	0,84276
<i>Turdus merula</i>	18	9,57	2,33	0,26068	2,52827
<i>Turdus philomelos</i>	4	2,13	0,52	0,05793	0,56184
<i>Turdus pilaris</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Turdus viscivorus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
<i>Vanellus vanellus</i>	1	0,53	0,13	0,01448	0,14046
Neurčení ptáci	41	21,81	5,32	0,59377	5,75883
Celkem ptáků	188		24,38	2,72266	26,40635
<i>Apodemus sp.</i>	27	5,64	3,50	0,39102	3,79240
<i>Apodemus agrarius</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
<i>Canis lupus familiaris</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
<i>Capreolus capreolus</i>	2	0,42	0,26	0,02896	0,28092
<i>Clethrionomys glareolus</i>	4	0,84	0,52	0,05793	0,56184
<i>Cricetus cricetus</i>	77	16,08	9,99	1,11513	10,81537
<i>Crocidura sp.</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
<i>Erinaceus sp.</i>	23	4,80	2,98	0,33309	3,23056
<i>Erinaceus concolor</i>	44	9,19	5,71	0,63722	6,18021
<i>Erinaceus europaeus</i>	66	13,78	8,56	0,95583	9,27031
<i>Felis silvestris catus</i>	32	6,68	4,15	0,46343	4,49470
<i>Lepus europaeus</i>	22	4,59	2,85	0,31861	3,09010

<i>Martes sp.</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
<i>Martes foina</i>	2	0,42	0,26	0,02896	0,28092
<i>Microtus sp.</i>	3	0,63	0,39	0,04345	0,42138
<i>Microtus arvalis</i>	114	23,80	14,79	1,65098	16,01236
<i>Mustela sp.</i>	2	0,42	0,26	0,02896	0,28092
<i>Mustela erminea</i>	2	0,42	0,26	0,02896	0,28092
<i>Mustela nivalis</i>	9	1,88	1,17	0,13034	1,26413
<i>Myotis nattereri</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
<i>Rattus norvegicus</i>	20	4,18	2,59	0,28965	2,80919
<i>Sciurus vulgaris</i>	2	0,42	0,26	0,02896	0,28092
<i>Talpa europaea</i>	4	0,84	0,52	0,05793	0,56184
<i>Vulpes vulpes</i>	1	0,21	0,13	0,01448	0,14046
Neurčení savci	18	3,76	2,33	0,26068	2,52827
Celkem savců	479		62,13	6,93700	67,28001
<i>Bombina bombina</i>	13	14,13	1,69	0,18827	1,82597
<i>Bufo bufo</i>	14	15,22	1,82	0,20275	1,96643
<i>Pseudepidalea viridis</i>	59	64,13	7,65	0,85445	8,28710
<i>Rana sp.</i>	2	2,17	0,26	0,02896	0,28092
<i>Rana dalmatina</i>	2	2,17	0,26	0,02896	0,28092
<i>Pelophylax esculentus</i>	2	2,17	0,26	0,02896	0,28092
Celkem obojživelníků	92		11,93	1,33237	12,92226
<i>Lacerta agilis</i>	5	41,67	0,65	0,07241	0,70230
<i>Lacerta viridis</i>	1	8,33	0,13	0,01448	0,14046
<i>Natrix natrix</i>	6	50,00	0,78	0,08689	0,84276
Celkem plazů	12		1,56	0,17379	1,68551
Celkem	771		100,00	11,16582	108,29412

^a % vždy z jednotlivé živočišné třídy do které druh spadá

^b relativní mortalita



(web 8)

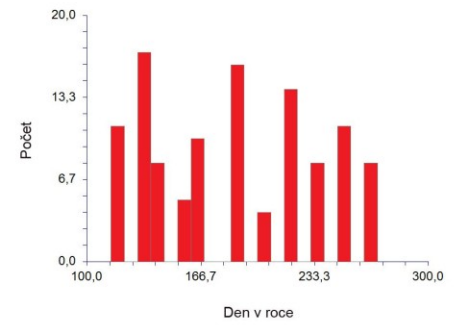
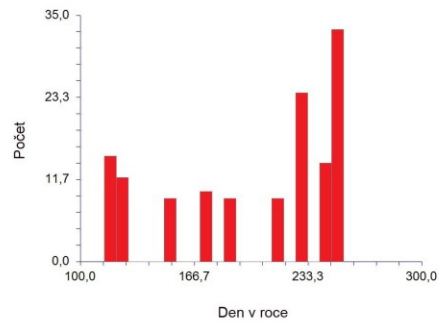
VII: Průchod - možné řešení snížení úmrtnosti malých savců, obojživelníků i plazů

Olomouc

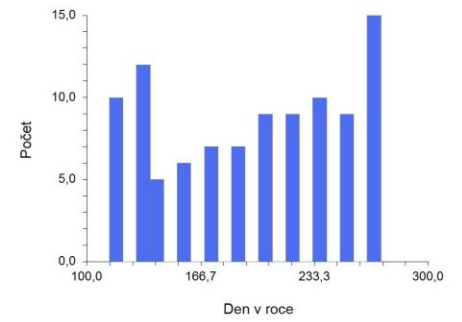
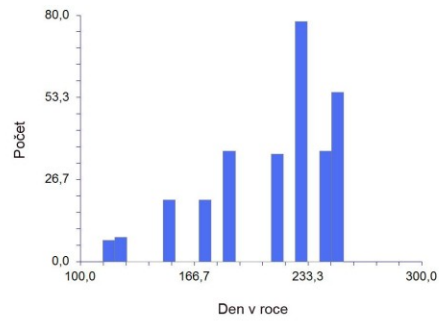
Zlín

Komunikace

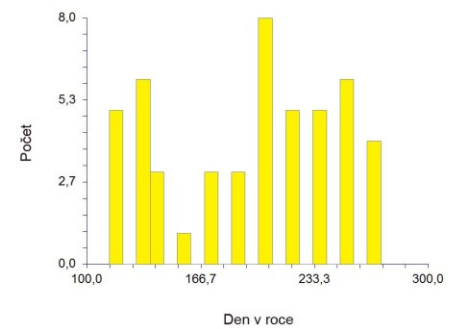
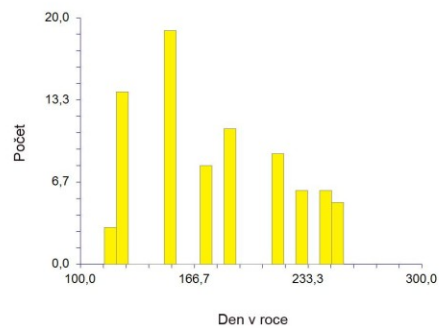
I TR



II TR



III TR



Zpracováno v NCSS 2007

V: Úmrtnost v průběhu roku na jednotlivých komunikacích (pořadí dnů počítáno od 1. 1.)

LITERATURA

- Anděl P. a Hlaváč V. -2008, Automobilová doprava a mortalita obratlovců, *Ochrana přírody* 5: 19-21
- Anděl P., Gorčicová I., Hlaváč V., Miko L., Andělová H. -2005, Hodnocení fragmentace krajiny dopravou-Metodická příručka, Vyd. AOPK ČR, Praha 2005
- Anděl P., Mináriková T., Andreas M. -2010, Mapa migračních koridorů pro velké savce, Vyd. AOPK ČR, Evernia s. r. o.
- Anděl P., Mináriková T., Andreas M. -2010, Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce, Vyd. Evernia s.r.o., AOPK ČR, Liberec 2010
- Anděra M., Horáček M. Poznáváme naše savce, Vyd. Nakladatelství Sobotáles, Praha, 2005
- Ashili P. -2006, Losses of mammals (Mammalia) and birds (Aves) on roads in Greater Olomouc, Bakalářská práce, Katedra ekologie a ŽP, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
- Ascensão F., Mira A. -2006, Spatial patterns of road kills: a case study in Southern Portugal, *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 641-646.
- Bager A., da Rosa C. A. -2011, Influence of Sampling Effort on the Estimated Richness of Road-Killed Vertebrate Wildlife, *Environmental Management*
- Baker P. J., Dowding C. V., Molony S. E., White P. C. L., S. Harris -2007, Activity patterns of urban red foxes (*Vulpes vulpes*) reduce the risk of traffic-induced mortality, *Behavioral Ecology*
- Barthemess E. L., Brooks M. S. -2010, The influence of body-size and on road-kill trends in mammals, *Biodivers Conserv.* 19:1611-1629
- Bartoš J. -2010, Populační charakteristiky zajíce polního a vlivy na populaci působící, *Myslivost* 2/2010, str. 15
- Baskaran, N., Boominathan D. -2010, Road kill of animals by highway traffic in the tropical forests of Mudumalai Tiger Reserve, southern India, *Journal of Threatened Taxa* 2(3): 753-759
- Bissonette J. A. 1 and Rosa S. A. -2009, Road zone effects in small-mammal communities, *Ecology and Society* 14(1): 27
- Błażuk J. -2010, Śmiertelność płazow na drogách Trojmiejskiego parku Krajobrazowego i w jego otoczeniu-Amphibian mortality on roads of Trojmiejski landscape park and the neighbourhood area, *SPB* 7/2010
- Bojda M., Kutal M., Praus L. -2010, Aktuální situace propustnosti krajiny v údolí Vsetínské Bečvy a Senice: Nutná ochrana stávajících migračních koridorů pro velké savce, Vyd. Hnutí DUHA Olomouc, Olomouc 2010
- Brockie, Sadleir, Linklater -2009, Long-term wildlife road-kill counts in New Zealand, *New Zealand Journal of Zoology*, Vol. 36: 123–134

- Brodziewska J. -2006, Wildlife tunnels and fauna bridges in Poland: past, present and future, 1997-2013, Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Eds. Irwin CL, Garrett P, McDermott KP. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 448-460
- Bujoczek M., Ciach M., Yosef R. -2011, Road-kills affect avian population quality, *Biol Conserv.* 114, 1036-1039
- Caro T. M., Shargel J. A., Stoner C. J. -2000, Frequency of Medium-sized Mammal Road Kills in an Agricultural Landscape in California, *Am Midl Nat.* 144:3 62-369
- Carvalho F., Mira A. -2011, Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland, *Eur J Wildl Res.* 57:157–174
- Case R. M. -1978, Interstate highway road-killed animals: a data source for biologists, *Wildlife Soc. Bull.* 6:8–13.
- Clevenger A. P., Chruszcz B., Gunson K. E. -2003, Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations, *Biol Conserv.* 109 (15-26)
- Coelho I. P., Kindel A., Coelho A. V. P. -2008, Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil, *Eur J Wildl Res* 54:689–699
- Coleman J. L., Ford N. B., Herriman K. -2008, A Road Survey of Amphibians and Reptiles in a Bottomland Hardwood Forest, *Southeastern Naturalist* Vol. 7, No. 2
- Čtyroký P., Marek L. -1961, Smrt ptáků na silnici, *Živa* IX.
- Das A., Ahmed M. F., Lahkar B. P., Sharma P. -2007, A preliminary report of reptilian mortality on road due to vehicular movement near Kaziranga National Park, Assam, India, *Zoos' Print Journal* 22(7): 2742–2744
- Davies, Roper, Shepherson -1987, Seasonal distribution of road kills on the European badger (*Meles meles*), *Journal of Zoology*
- Dodd Jr. C. K., Barichivich W. J., Smith L. L. -2004, Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida, *Biological Conservation* 118, 619–631.
- Dreyer -1936, The question of wildlife destruction by the automobile, *Science* 82: 439-440
- Dunthorn A. A., Errington F. P. -1964, Casualties among birds along a selected road in Wiltshire, *Bird Study*
- Elzanowski A., Ciesiołkiewicz J., Kaczor M., Radwańska J., Urban R. -2009, Amphibian road mortality in Europe: a meta-analysis with new data from Poland, *Eur J Wildl Res* 55:33–43
- Erritzoe J., Mazgajski T. D., Rejt L. -2003, Bird casualties on European rous -a review. *Acta Otnitol.* 38:77-93
- Fahrig L., Rytwinski T. -2009, Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis, *Ecology and Society* 14(1): 21.
- Finnis R. G. -1960, Road casualties among birds, *Road Casualties*

- Ford A. T., Fahrig L. -2007, Diet and bodysize of North American mammal road mortalities, *Transportation Research Part D* 12, 498-505
- Forman R. T. T., Alexander L. E. -1998, Roads and their major ecological effects, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29:207–231.
- Forman R. T. T.-2000, Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States, *Conserv Biol.* 14
- Forman R.T.T., Sperling D., Bissonette J.A., Clevenger A.P., Cutshall C.D., Dale V.H., Fahrig L., France R., Goldman C.R., Heanue K., Jones J.A., Swanson F.J., Turrentine T., Winter T.C. -2003, *Road Ecology; Science and Solutions*. Island Press, Washington DC.
- Foster, Humphrey -1995, Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife, *Wildlife Society Bulletin*
- Gibbs J. P., Shriver W. G. -2005, Can road mortality limit populations of pool-breeding amphibians?, *Wetlands Ecology and Management* 13: 281-289
- Gibbs J. P., Shriver W. G. -2002, Estimating the effects of road mortality on turtle populations, *Conservation Biology* 16, 1647–1652.
- Glista D. J., DeVault T. L. -2008, Road mortality of terrestrial vertebrates in Indiana, *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, Vol. 117 Source Issue: 1
- Glista D. J., DeVault T. L., DeWoody J. A. -2007, Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians, *Herpetological Conservation and Biology* 3(1):77-87
- Glista D. J., DeVault T. L., DeWoody J. A. -2009, A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways, *Landscape and urban planning* 9, 1-7
- Göransson G., Karlsson J. -1978: Changes in population densities as monitored by animals killed on roads, *Statens Naturvårdsverk*, PM 1151, Sweden
- Gryz J., Krauze D. -2008, Mortality of vertebrates on a road crossing the Bibrza Valley (NE Poland), *Eur J Wildl Res.* 54: 709-714
- Grilo C., Ascensão F., Santos-Reis M., Bissonette J. A. -2010, Do well-connected landscapes promote road-related mortality?, *Eur J Wildl Res*
- Grilo C., Bissonette J., Santos-Reis M. -2009, Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation, *Biol Conserv.* 142:301–313
- Harris R. J., Reed J. M. -2002, Behavioral barriers to non-migratory movements of birds, *Ann Zool Fennici* 39: 275-290
- Havlín J. -1986, On the importance of railway lines for the life of avifauna in agriconoses, *Folia Zoologica* 36: 345-358
- Havlín J. -1987, Motorways and birds, *Folia Zoologica* 36:137–153
- Hayward M. W., Hayward G. J., Kerley -2010, The impact of upgrading roads on the conservation of the threatened flightless dung beetle, *Circellum bakchus* (F.) (Coleoptera: Scarabaeidae), *Coleopterists Bulletin*, Volume 64, Issue 1:75-80

- Hell P., Plavý R., Slamečka J., Gašparík J. -2005, Losses of mammals (Mammalia) and birds (Aves) on roads in the Slovak part of the Danube Basin, *European Journal of Wildlife Research*, Volume 51, Number 1:35-40
- Hels T., Buchwald E. -2001, The effect of road kills on amphibian populations, *Biological Conservation* 99: 331-340
- Herz J. -1970, Mammal losses in road traffic (in Slovak). *Ochrana fauny* 4:178-184
- Hlaváč V. -2001, Fragmentace krajiny a ochrana velkých savců, *Ochrana přírody* 56, č. 1
- Hlaváč V., Anděl P. -2001, Metodická příručka pro zajištění průchodnosti dálničních staveb pro volně žijící živočichy, Vyd. AOPK ČR, Praha 2001
- Hodson N. L. -1960, A survey of vertebrate road mortality. *Bird Study* 7:224–231
- Hodson N. L. -1962, Some notes on the causes of bird road casualties, *Bird Study*
- Hodson N. L. -1966, Some notes on the habits of roadside carrion feeders, *Bird Study*
- Hodson N. L., D. W. Snow -1965, The Road Deaths Enquiry, 1960-61, A report to the British Trust for Ornithology
- Holišová V., Obrtel R. -1986, Vertebrate casualties on a Moravian road, *Acta Sc. Nat. Brno*, 20:9. 1-44.
- Hudec K., Kolibáč J., Laštůvka Z., Peňáz M. a kol. *Příroda České republiky: průvodce faunou*, Vyd. Academia, 2007
- Hughes, Saremi, Paniati -1996, Vehicle-animal crashes: An increasing safety problem, *Institute of Transportation Engineers*
- Chhangani A. K. -2004, Frequency of avian road-kills on Kumbhalgarh Wildlife Sanctuary, Rajasthan, India, *Short notes (Forktail)* 20)
- Chovančíková, J., 2012: Migrační bariéry a efektivita podchodů pro obojživelníky: příklad z obce Trnávka, Diplomová práce, Katedra ekologie a ŽP, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci
- Jackson S. D., Griffin C. R. -2000, A strategy for mitigating highway impacts on wildlife, In: Messmer, T. A., West, B. (Eds.), *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. The Wildlife Society, Bethesda, MD, pp. 143–159.
- Jancke S., Giere P. -2011, Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in a landscape abundant in lakes, *Eur J Wildl Res* 57:373–381
- Jenni L., Winkler R. -1994, *Moult and Ageing of European Passerines*, Vyd. Academic Press, 1994
- Kovalev V. A. -1998, On the death of birds on roads, Grishchenko V. N. (ed.). *Mat. III Conf. Young Ukrainian Ornithol. Chernivtsi*, pp. 70–71
- Krajča T. -2011, Výskyt a migrační koridory velkých savců na Jablunkovsku, Bakalářská práce, Katedra ekologie a ŽP, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

- Krestýnová M. -2009, Přímé ohrožení netopýrů lidskou činností, Brno: Masarykova univerzita
- Krištín A., Sárossy M. -2002, Mortality of free ranging mammals on the Slovak roads (in Slovak), Urban P (ed) Research and protection of mammals in Slovakia 5:137-145
- Langton T. E. S. -1989, Reasons for preventing amphibian mortality on roads. In: Amphibians and Roads, Proceedings of the Toad Tunnel, Conference ACO Polymer Products Ltd., Bedfordshire, England.
- Laurance W. F., Goosem M., Laurance S. G. W. -2009, Impacts of roads and linear clearings on tropical forests, Trends in Ecology and Evolution Vol. 24 No. 12
- Lesiński G., Sikora A., Olszewski A. -2010, Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape, Eur J Wildl Res
- Lodé T. -2000, Effect of a motorway on mortality and isolation of wildlife populations, Ambio 29:163–166
- Maciusik B., Lenda M., Skořka P. -2009, Corridors, local food resources, and climatic conditions affect the utilization of the urban environment by the Black-headed Gull *Larus ridibundus* in winter, Ecol Res (2010) 25: 263–272
- Marsh D. M., Milam G. S., Gorham N. P., Beckman N. G. -2005, Forest Roads as Partial Barriers to Terrestrial Salamander Movement, Conservation Biology Vol. 19, No. 6
- Martino P., Sassaroli J. C., Calvo J., Zapata J., Gimeno E. -2008, A mortality survey of free range nutria (*Myocastor coypus*), Eur J Wildl Res 54:293–297
- Massemin S., Le Maho Y., Handrich Y. -1996, Seasonal pattern in age, sex and body condition on barn owls (*Tyto alba*) killed on motorways, Ibis 140:70-75
- McCall S. C., McCarthy M. A., R. van der Ree, Harper M. J., Cesarini S., Soanes K. -2010, Evidence that a highway reduces apparent survival rates of squirrel gliders, *Ecology and Society* 15(3): 27.
- McCallum M. L. -2011, Road mortality of turtles and bullfrogs during a major flood, Herpetology Notes, volume 4: 183-186
- Migrační objekty pro zajištění průchodnosti dálnic a silnic pro volně žijící živočichy -2006, Technické podmínky -TP 180, Ředitelství silnic a dálnic
- Miko L., Hošek M. [eds.]: Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu 2009. 1. vydání. Praha. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2009. 102 s. ISBN 978-80-87051-70-2.
- Mullarney K., Svensson L., Zetterstrom D., Grant P. J. -2000, Birds of Europe, Vyd. Princeton University Press 2000
- Myers N., Mittermeier R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B., Kent J. - 2000, Biodiversity hotspots for conservation priorities, Nature 403:853–858
- Orłowski G. -2005, Factors affecting road mortality of the Barn Swallows *Hirundo rustica* in farmland, Act Ornith. Vol. 40 No. 2
- Orłowski G. -2008, Roadside hedgerows and trees as factors increasing road mortality of birds: Implications for management of roadside vegetation in rural landscape, Landscape and Urban Planning 86

Orłowski G., Siembieda J. -2005, Skeletal injuries of passerines caused by road traffic, *Act Ornithol.* Vol. 40 No. 1

Parris K. M., Schneider A. -2008, Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats, *Ecology and Society* 14(1): 29

Pickles W. -1942, Animal mortality on three miles of Yorkshire rous, *J. Animal Ecol.* 11:37–43.

Pinowski J. -2005, Roadkills of Vertebrates in Venezuela, *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 191-196

Puky M. -2005, Amphibian road kills: a global Perspective, *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*, Eds. Irwin CL, Garrett P., McDermott KP, Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 325-338

Roedenbeck I. A., Voser P. -2008, Effects of roads on spatial distribution, abundance and mortality of brown hare (*Lepus europaeus*) in Switzerland, *Eur J Wildl Res.* 54:425–437

Roger E., Laffan S. W., Ramp D. -2010, Road impacts a tipping point for wildlife populations in threatened landscapes, *Population Ecology*

Sarmiento, Cruz, Monterroso, Tarroso, Ferreira, Negrões, Eira -2009, Status survey of the critically endangered Iberian lynx *Lynx pardinus* in Portugal, *Eur J Wildl Res.* 55:247–253

Scott -1938, Wildlife mortality on Iowa highways, *Am Midl Nat* 20: 527-539

Seibert H. C., Conover J. H. -1991, Mortality of Vertebrates and Invertebrates on an Athens Country, Ohio, Highway, *Ohio J Sci.* 91 (4) 163-166

Seshadri K. S., Yadav A., Gururaja K. V. -2009, Road kills of amphibians in different land use areas from Sharavathi river basin, central Western Ghats, India, *Journal of Threatened Taxa* 1(11): 549-552

Sherwood B., Cutler D., Burton J. -2003, *Wildlife and Roads: The Ecological Impact*, Imperial College Press, London.

Shwiff S. A., Smith H. T., Engeman R. M., Barry R. M., Rossmann R. J., Nelson M. -2007, Bioeconomic analysis of herpetofauna road-kills in a Florida state park, *Eko Econom.* 64: 181-185

Smith-Patten B. D., Patten M. A. -2008, Diversity, Seasonality, and Context of mammalian Roadkills on the Southern Great Plains, *Environmental management* 41

Stewart P. A. -1971, Persistence of remains of birds killed on motor highways, *The wilson bulletin* Vol. 38, No. 2

Sullivan T. L., Williams A. F., Messmer T. A., Hellinga L. A., Kyrychenko S. Y. -2004, Effectiveness of temporary warning signs in reducing deer-vehicle collisions during mule deer migrations, *Wildlife Society Bulletin*, 32(3):907-915.

Sutherland R. W., Dunning P. R., Baker W. M. -2010, Amphibian Encounter Rates on Roads with Different Amounts of Traffic and Urbanization, *Conserv Biol.* Vol. 24, No. 6, 1626–1635

Štyrchová A. -1964, Smrt savců na silnici, *Živa* XII.

Taylor R. J., Mooney N. J. -1991, Increased Mortality of Birds on an Elevated Section of Highway in Northern Tasmania, EMU Vol. 91

Toman A., Hlaváč V. ml., Hlaváč V. st. -1995, Metodika křížení komunikací a vodních toků s funkcí biokoridorů, Vyd. AOPK ČR, Praha 1995

Trombulak S. C., Frissell C. A. -2000, Review of ecological effect of roads on terrestrial and aquatic communities, Conserv Biol. 14: 18-30

Underhill J. E., Angold P. G. -2000, Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape, Environ. Rev. 8: 21-39.

Wallis I. -2005, Road kills, Nature Australia, Vol. 28, Issue 6

Warren -1936, Casualties among animals on mountain roads, Science 83: 14

Internetové zdroje přístupné z:

7. 3. 2011

(1) <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx>

(2) <http://www.dalnice-silnice.cz/>

17. 3. 2011

<http://www.birdresearch.dk/unilang/traffic/trafik.htm>

Erritzoe J. -2002, Bird Traffic casualties and road quality for breeding birds, A summary of existing papers with a bibliografy

24. 10. 2011

(3) <http://www.autosap.cz/sfiles/a1-9.htm#koment>

9. 11. 2011

(4) <http://www.myslivo.cz/Myslivecke-Youtube/Natura-Viva-2011/Natura-Viva-2011---Pachove-odpuzovace.aspx>

(5) <http://lesuzdar.lesycr.cz/clanky/zapach-ktery-pomaha/>

(6) <http://www.rsd.cz/Mapy/Soubor-map---kraje>

19. 12. 2011

(7) <http://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/vaclav-hlavac-soucasne-postupy-pri-budovani-ekoduktu-jsou-neefektivni>

21. 12. 2011

(8) <http://www.aco-wildlife.com/217.htm>