

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



VLIV DÁLNIČE NA PTAČÍ SPOLEČENSTVA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. Štěpán Hladík

Vedoucí práce: Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Konzultant: Ing. Dominik Kebrle

Praha, 2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Štěpán Hladík

Inženýrská ekologie
Ochrana přírody

Název práce

Vliv dálnice na ptačí společenstva

Název anglicky

The Highway Impact on Bird Communities

Cíle práce

Cílem této práce je zhodnocení vlivu vzdálenosti od dopravně vytižené dálnice na kvalitativní a kvantitativní charakteristiky ptačích společenstev v mozaikovitě krajině České republiky, kde se vyskytují druhy jak otevřené krajiny, tak druhy ekotonální. Především jde o porovnání druhové diverzity všech zaznamenaných ptáků, ale také porovnání hnízdních a potravních gild. Sčítací plochy budou vzdáleny od dálnice 0, 100, 500 a 1000 m.

Metodika

1. Vymezit vhodná modelová území, vytyčit sčítací transeky
2. Na vymezených územích provést sčítání ptačích společenstev kontroly duben, květen – modifikovaná metoda mapování hnízdních okrsků
3. Pro všechny sledované lokality zpracovat detailní popis biotopů
4. Po skončení terénních prací statisticky vyhodnotit získaná data. Zaměřit se především na vliv vzdálenosti sčítaných lokalit od dálnice na kvalitativní i kvantitativní charakteristiky příslušných ptačích společenstev
5. Získané výsledky srovnat s poznatky publikovanými v naší i zahraniční literatuře

Doporučený rozsah práce

cca 40-50 stran

Klíčová slova

Ptáci a doprava, hlukové znečištění, rozptýlená zeleň, zemědělská krajina

Doporučené zdroje informací

- Bibby C.J., Burgess N.D. & Hill D.A. 1992: Bird Census Techniques. Academic Press, London.
- Kuitunen, M; Rossi, E; Stenroos, A. 1998: Do highways influence density of land birds? Environmental Management 22/2: 297-302.
- McArthur R.H. & McArthur J.W. 1961: On Bird Species Diversity. Ecology 42: 597-598.
- Meunier F.D., Verheyden C. & Jouventin, P. 1999: Bird communities of highway verges: Influence of adjacent habitat and roadside management. Acta Oecologica 20/1: 1-13.
- Palomino D. & Carrascal L.M. 2007: Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. Biological Conservation 140: 100-109.
- Slabbekoorn H & Ripmeester E.A.P. 2008: Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. Molecular Ecology 17: 72-83.
- Wiens 1992: The Ecology of Bird Communities. Cambridge University Press, Cambridge.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Dominik Kebrle

Elektronicky schváleno dne 25. 1. 2021

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 01. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma:

Vliv dálnice na ptačí společenstva vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 15.3.2021

Štěpán Hladík

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Petru Zasadilovi, Ph.D., za odborné vedení a cenné rady. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Dominiku Kebrlemu za pomoc při statistickém zpracování dat.

Rád bych také moc poděkoval rodině, která mě během celého mého studia podporovala.

ABSTRAKT

Rostoucí intenzita automobilové dopravy a současně také rostoucí fragmentace krajiny vlivem výstavby nové dopravní infrastruktury přináší pro ptáky řadu negativních vlivů. Mnoho studií zkoumající vlivy dopravy na ptačí společenstva považuje za nejdůležitější faktor hluk a vzdálenost od dálnice. Diplomová práce hodnotí vliv vybraných dálnic v České republice na kvantitativní a kvalitativní charakteristiky ptačích společenstev. Z důvodu zjištění vlivu vzdálenosti a hluku na ptačí společenstva, bylo ve čtyřech různých oblastech ČR vytyčeno 79 transektů s 298 sčítacími čtverci. Vybrané oblasti byly situovány v okolí dálnice D1 v kraji Vysočina, dálnice D10 a D11 ve Středočeském kraji a dálnice D1 v Moravskoslezském kraji. Každý transekt obsahoval čtyři sčítací čtverce (v případě dálnice D1 na Vysočině 3 sčítací čtverce) o rozměrech 50x50 m ve vzdálenostech od vozovky 25 m, 125 ± 50 m, 500 ± 100 m a 1000 ± 100 m. Sčítání ptáků bylo provedeno dvakrát v průběhu hnízdní sezóny a pro každý sčítací čtverec byly popsány biotopové charakteristiky. Celkově ze všech dálnic bylo zachyceno 1266 záznamů ptáků ze 74 druhů. Vyhodnoceny byly počty druhů ptáků v rámci biotopových preferencí, potravních a hnízdních gild v závislosti na vzdálenosti od dané dálnice a intenzitě hluku. Výsledky ze všech studovaných oblastí potvrzují celkový negativní vliv dálnic na presenci ptačích druhů v otevřené zemědělské krajině. Počet zaznamenaných druhů ptáků významně ubývá směrem k dálnici. Druhy jsou ovlivněny nejen vzdáleností, ale zejména také hlukem, který se vzdáleností silně koreluje a mnohem lépe popisuje účinky vzdálenosti od dálnice. Výsledky v této práci také potvrzují úbytek počtu druhů s rostoucí intenzitou hluku. Mezi další faktory s největším vlivem se řadí pokryvnost stromů.

Klíčová slova: Ptáci a doprava, hlukové znečištění, rozptýlená zeleň, zemědělská krajina, dálnice

ABSTRACT

This diploma thesis evaluates impact of selected highways on qualitative and quantitative characteristics of avian communities. It was analysed an impact of noise and distance from highway on avian communities and it was settled 79 transects with 298 plots along four highways. Each transect included 4 plots (except highway D1 in Vysočina, one transect involved three plots) of size 50x50 m in the distances of 25 m, 125 ± 50 m, 500 ± 100 m and 1000 ± 100 m from highway. Birds were counted twice per nesting season. For the analysis were described biotope's characteristics. From all the studied areas were found 1266 records of birds which were belonged to 74 species. The species were divided according to biotopes preferences, food and nest guilds in relation to distance from highway and noise. Results from this diploma thesis confirm negative aspects on the presence of bird species along the highways in open agriculture landscape. The numbers of bird species are significantly declining towards to highway. Bird species are influenced by noise as well, because it exists a strong correlation between noise and distance. The noise is a better factor than the distance, because it describes the effect of highway directly. It was found the negative effect of noise on the presence of species along the highway. The noise is increasing, while the number of species is decreasing.

Keywords: birds and transportation, noise pollution, scattered greenery, agricultural landscape, highway

OBSAH

ÚVOD	9
1 CÍL PRÁCE	10
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	11
2.1 Hlavní dopady liniových staveb na přírodu	11
2.1.1 Fragmentace krajiny dopravou	11
2.1.2 Střet s vozidly	13
2.1.3 Rušení ptáků hlukem	15
2.1.4 Vliv protihlukových stěn	17
2.1.5 Světelné znečištění, změna chemismu prostředí a další vlivy	17
2.2 Ptáci a železniční doprava	19
2.3 Ptáci a letecká doprava	19
2.4 Pozitivní aspekty dopravy	20
3 METODIKA	22
3.1 Charakteristika studovaných lokalit	22
3.1.1 Studovaná lokalita D11.....	22
3.1.2 Studovaná lokalita D1a.....	24
3.1.3 Studovaná lokalita D10.....	24
3.1.4 Studovaná lokalita D1b.....	25
3.2 Hluk	25
3.3 Design pokusu	26
3.4 Sběr dat.....	27
3.5 Popis biotopu	28
3.6 Zpracování dat.....	29
4 VÝSLEDKY	31
4.1 Vliv vzdálenosti a hluku na celkovou početnost druhů.....	36
4.2 Vliv vzdálenosti a hluku na početnost druhů dle biotopových preferencí	37
4.3 Vliv vzdálenosti a hluku na hnízdní a potravní gildy.....	39
5 DISKUSE.....	45
ZÁVĚR	50
POUŽITÁ LITERATURA.....	52
SEZNAM OBRÁZKŮ	56
SEZNAM TABULEK.....	57
SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Rozvoj a rozšiřování sídel společně s jejich propojováním dopravními sítěmi zvyšuje tlak na okolní životní prostředí v podobě fragmentace krajiny, bariérového efektu, disturbance, znečištění prostředí nebo přímé mortality živočichů (Forman & Alexander 1998, Anděl & Hlaváč 2008). Dalším negativně působícím aspektem je neustále se zvyšující intenzita dopravy (Van Der Zande et al. 1980, Forman & Alexander 1998).

Přímý vliv dopravy na početní stavy ptáků je způsoben střety s vozidly, případně také střety s nevhodně instalovanými a upravenými protihlukovými stěnami (Anděl & Hlaváč 2008, Mayer 2009). Vysoká pravděpodobnost střetů s vozidly je také v okamžiku, kdy je dálnice vystavěna v blízkosti vodních zdrojů nebo přerušuje souvislý lesní celek (Iuell et al. 2003).

Pro ptáky je však největším ovlivňujícím faktorem hluk, který klesá se zvyšující se vzdáleností od dálnice. Vysoký hluk ptáky ovlivňuje tím, že zhoršuje jejich vnitrodruhovou komunikaci a může vést i ke změnám chování, například zvýšené opatrnosti vůči predátorům, na úkor obstarávání potravy. Některé druhy ptáků ve snaze prosadit se v hlučném prostředí, zvyšují hlasitost svého projevu (Slabbekoorn & Ripmeester 2008). Forman & Deblinger (2000) uvádí, že hluk ovlivňuje druhy ptáků na různě velké vzdálenosti, v závislosti na typu prostředí, ve kterém se dané druhy vyskytují. Lesní druhy ptáků jsou ovlivněny na kratší vzdálenost (650 m), oproti druhům obývajícím otevřenou zemědělskou krajinu (Forman & Deblinger 2000).

Tato práce navazuje na již dříve zpracované diplomové práce Musilové (2009), Šťastného (2011) a Maršálkové (2012). Ze zmiňovaných diplomových prací budou využita data o presenci/absenci druhů ptáků a o charakteristikách prostředí na sčítacích čtvercích. Z důvodu statistického porovnání bude v této práci použita obdobná metodika, kterou byly předchozí diplomové práce zpracovány. Získaná data budou dále rozšířena o studovanou oblast dálnice D11 a budou společně vyhodnocena. Výsledky z této diplomové práce budou statisticky zpracovány a poskytnuty k publikování. V práci bude zkoumán vliv hluku a vzdálenosti 4 dálnic na ptačí společenstva umístěných v otevřené zemědělské krajině České republiky. Dále bude porovnáván, vliv dálnice na bohatost ptačího společenstva jednotlivých potravních a hnízdních gild i skupin ptáků podle biotopových preferencí.

1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je zhodnocení vlivu vzdálenosti a od hlukového zatížení dopravně vytížené dálnice na kvalitativní a kvantitativní charakteristiky ptačích společenstev v zemědělské krajině s rozptýlenou zelení ve čtyřech různých oblastech České republiky, kde se vyskytují druhy jak otevřené krajiny, tak druhy ekotonální. Především jde o porovnání druhové diverzity všech zaznamenaných ptáků, ale také porovnání hnízdních a potravních gild. Sčítací plochy budou vzdáleny od dálnice 0, 100, 500 a 1000 m.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Hlavní dopady liniových staveb na přírodu

Dopravní infrastruktury v podobě dálnic a železnic přímo ovlivňují přírodu, pozměňují ji, mají za následek přemístění nebo zničení přírodních habitatů a fyzicky zcela mění vzhled svého bezprostředního okolí. Disturbance a izolace dopravou narušují až znemožňují migraci druhů, snižují konektivitu krajiny a tím způsobují změny v rozložení živočišných druhů v krajině. Největší negativní dopad dálnic ale i železnic je způsoben bariérovým efektem, který ovlivňuje schopnost druhů se šířit, způsobuje jejich izolaci a ovlivňuje populační dynamiku (Iuell et al. 2003).

Mnoho studií (Forman & Alexander 1998, Trombulak & Frissell 2000, Kuitunen et al. 2003, Polak et al. 2013, Wiacek et al. 2015a) potvrzuje negativní vliv dopravně vytižených silničních komunikací na ptáky a potvrzuje pokles početnosti i druhové diverzity v okolí rušných dálnic. Z jejich výsledků vyplývá významný negativní vliv na početnost i diverzitu ptačích druhů vyskytujících se v bezprostředním okolí těchto dopravně vytižených tahů (Trombulak & Frissell 2000).

2.1.1 Fragmentace krajiny dopravou

Liniové stavby a doprava na nich jsou jedním z faktorů, které negativně ovlivňují krajinu a život volně žijících živočichů v ní. Silniční síť, její hustota a intenzita dopravy narušují přírodní procesy v krajině, způsobují ztrátu biodiverzity a významně přispívají ke zvyšování fragmentace území a tvorby bariérového efektu pro živočichy. Bariérový efekt nejvíce určuje šířka komunikace a intenzita dopravy. Původní souvislá stanoviště jsou dělena do menších a izolovaných ploch. Vzájemně nepropojené plochy zhoršují propustnost krajiny a stěžují živočichům jejich schopnost migrovat. Vznikající bariérový efekt zmenšuje areály živočichů, a tím je rozděluje do malých populací a zabraňuje jim rekolonizovat území. Malá velikost a izolovanost populací činí živočichy více zranitelnými, méně životaschopnými a více náchylnými k vymření. Populace jsou méně flexibilní při výkyvech početnosti, způsobené například klimatickými změnami nebo nemocemi. Bariérový efekt má tedy vliv i na genetickou variabilitu a strukturu populací. Bariérový efekt působí na úrovni populací na větší vzdálenost a ovlivňuje více druhů než přímé usmrcování vozidly anebo vyhýbání se dopravě. Fragmentace v Evropě ohrožuje existenci mnoha živočišných druhů.

Nejvíce ohroženou skupinou živočichů jsou velcí savci a šelmy. Tyto skupiny obývají rozlehlé areály a vzhledem k jejich způsobu života jsou závislé na průchodnosti krajiny (Van Der Zande et al. 1980, Forman & Alexander 1998, Hlaváč & Anděl 2001, Anděl & Hlaváč 2008, Wiacek et al. 2015a).

Budování nových liniových staveb s rostoucí intenzitou provozu nadále neustále zvyšují podíl fragmentované krajiny v území a přispívají k úbytku nejen ohrožených druhů živočichů (Forman & Alexander 1998, Hlaváč & Anděl 2001, Anděl & Hlaváč 2008). Pro rok 2040 je předpokládán podíl nefragmentované krajiny v ČR pouze 53 % (Céza et al. 2018). Vliv fragmentace krajiny na ptáky, může být zvětšován nevhodnými stavebními prvky například nedostačující rozměry mostu křižující vodní tok. Takové konstrukce mohou u ptáků létajících nízko nad vodní hladinou například u ledňáčka říčního (*Alcedo atthis*), skorce vodního (*Cinclus cinclus*), konipase horského (*Motacilla cinerea*) způsobovat přelétání silnice. Oproti bezpečnému průletu pod mostem se tak vystavují riziku střetu s vozidly (Hlaváč & Anděl 2008).

Dle Kekena et al. (2011) silniční doprava působí na různé druhy ptáků na různé dlouhou vzdálenost. Hlavními faktory jsou zde průměrná rychlost vozidel, a především intenzita dopravy.

S fragmentací krajiny liniovými stavbami souvisí i vliv okrajového efektu na živočišné druhy. Předpokladem okrajového efektu je vyšší početnost živočichů na okraji lesa v porovnání s jeho středem.

V souvislosti s dálnicemi a antropogenními vlivy které generují, tento předpoklad podle Kuitunena et al. (1998) neplatí. Okraje dálnic a přilehlé biotopy sice poskytují ptákům zdroje potravy, možnosti ke hnízdění, úkrytu atd, ale na druhou stranu, na ně působí také celá řada negativních faktorů souvisejících s provozem dálnice (disturbance, střety s auty, predace atd.), které jejich početnost snižují (Kuitunen et al. 1998).

K dalším ekologickým aspektům dálnic a dopravy na nich patří zábor půdy, přímá likvidace biotopů spojená s výstavbou nových komunikací, mortalita živočichů způsobená přímými střety s vozidly a nejrůznější disturbance, například hlukem, vibracemi, světlem a znečištěním prostředí. Výstavba a provoz dálnic také generují nepřímé vlivy, které živočichy významně ovlivňují. Nepřímo přispívají ke zvyšování civilizačního tlaku. V jejich okolí dochází k doprovodné výstavbě a ke změnám

hydrologických podmínek dané oblasti. Pro některé živočichy může být významný i zvyšující se predační tlak v okolí dopravních komunikací (Van Der Zande et al. 1980, Forman & Alexander 1998, Hlaváč & Anděl 2001, Wiacek et al. 2015a, Céza et al. 2018).

2.1.2 Střet s vozidly

Významným dopadem silniční dopravy na početnost živočichů je jejich přímé usmrcování vlivem střetu s vozidly. Celková mortalita živočichů je nejvyšší na silnicích nižších tříd. V porovnání s dálnicemi tyto silnice dosahují slabých intenzit dopravy, avšak v rámci silniční sítě jsou nejdéší, a z tohoto důvodu mají na svědomí nejvíce střetů. Naopak nejvyšší hodnota relativní mortality, jež je vztažena na 1 km pozemní komunikace, je připisována dálnicím. Dálnice v ČR dosahují pouze několika kilometrů, ale jejich intenzita dopravy je pro střety s živočichy velmi významná. Kolize živočichů s vozidly jsou přímo úměrné s růstem intenzity dopravy (Trombulak & Frissell 2000, Anděl & Hlaváč 2008). Dalšími nejčastějšími faktory, které ovlivňují střety živočichů s vozidly jsou stáří komunikace, rychlost vozidel, technické řešení komunikace jako jsou šířka vozovky, počet jízdních pruhů, oplocení, protihlukové stěny, dále typ a atraktivita přilehlých biotopů nebo motivace živočichů k překonání komunikace (Anděl et al. 2005, Anděl 2008).

Pravděpodobný vliv střetů s vozidly je například u sovy pálené (*Tyto alba*), u kterých častěji umírali mladí, nezkušení jedinci. Takovéto příčiny úmrtí na území ČR uvádí Poprach (2008). V americkém Idahu byl v letech 2005-2006 zaznamenán celosvětově nejvyšší podíl úmrtí sov pálených na 1 km za rok zaviněných střety s automobily (Boves & Belthoff 2012).

Střety ptáků s vozidly mohou mít negativní dopad i na hnízdní úspěšnost. Tento negativní vliv byl prokázán například u lejska černohlavého (*Ficedula hypoleuca*) ve Finsku. Zde byl zjištěn vztah mezi neúspěšně vyvedenými mláďaty s blízkostí silnice. Ve snaze zajistit vyšší přísun potravy svým mláďatům, rodiče lejsků se častěji stávaly obětmi dopravních vozidel a mláďata následně umírala (Kuitunen et al. 2003).

Pro široce rozšířené živočišné druhy nepředstavují úmrtí způsobená dopravou závažný problém. Příkladem je vrabec domácí (*Passer domesticus*) na území Anglie, jehož vysoká mortalita je způsobená právě střety se silniční dopravou. Nicméně vrabci domácí zde dosahují velkých počtů, rychle se reprodukuje a dokážou

rychle rekolonizovat lokality s náhlým populačním poklesem (Forman & Alexander 1998). Střety s dopravními prostředky mohou být hlavním významným faktorem pro přežití populací vzácných a ohrožených druhů v rámci jednoho nebo i více států. Takovéto ztráty mohou v dlouhodobém časovém horizontu představovat vážné ohrožení životaschopnosti populace druhu. Ve Finsku je tímto aspektem ovlivněna například populace lelka lesního (*Caprimulgus europaeus*) (Iuell et al. 2003, Kuitunen et al. 2003), jehož populace je takto pravděpodobně ovlivněna i v ČR. Střety se silniční dopravou se také částečně podílí na stavech sýčka obecného (*Athene noctua*) v ČR, avšak jeho klesající početnost souvisí s více vlivy (Voříšek 2009).

Střety s auty také nejvíce ovlivňují druhy, které létají nízko nad zemí a obývají nižší části stromového patra Polak et al. (2013).

Významný vliv dopravy na ptáky je také v případě, že se silnice nachází v blízkosti mokřadů nebo jimi přímo prochází. Bohatá mokřadní fauna je nucena překonávat přilehlé dopravní proudy a častěji riskovat kolize s auty (Iuell et al. 2003).

Pro snížení úmrtnosti ptáků způsobených srážkami navrhuje Kuitunen et al. (2003) odstranění keřů a vzrostlé vegetace podél dálnic a vytvoření širokého zatravněného pásu. Tímto způsobem by se pro ptáky snížila atraktivita okolí dálnic. Takové řešení však není příliš vhodné ani možné, protože vegetace podél dopravně vytižených koridorů plní mnoho ekologických funkcí. Snižuje prašnost, zabraňuje šíření hluku a světelného znečištění a esteticky zlepšuje přilehlé okolí liniové stavby (Kuitunen et al. 2003).

2.1.3 Rušení ptáků hlukem

Nadměrný hluk ze silniční dopravy je podle mnohých studií (Forman & Alexander 1998, Kuitunen et al. 1998, Slabbekoorn & Ripmeester 2008, Wiacek et al. 2015a) nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje přítomnost ptačích druhů v okolí rušných dopravních komunikací. Výsledky těchto studií prokazují nižší početnost i celkovou druhovou diverzitu ptáků v blízkosti dálnic.

Studie provedené v Nizozemsku uvádějí nižší populační hustotu a s ní související nižší druhovou diverzitu pro 60 % ptačích druhů obývajících zemědělskou krajinu a lesy v blízkosti dálnic (Forman & Alexander 1998). V důsledku vysokých hlukových expozičních se ptáci takovýmto místům vyhýbají. Hluk produkovaný dopravou zvyšuje hladinu stresových hormonů ptáků, maskuje a překrývá stejné frekvence a tím ztěžuje a znemožňuje hlasovou komunikaci ptáků. Vnitrodruhová komunikace je důležitá například při hájení teritoria, námluvách a rozmnožování. Důsledkem působení hluku je také snížení úspěšnosti líhnutí vajec i celkové hnízdní úspěšnosti druhů. Další aspekt, který může být dopravou utlumen, nebo zcela přehlušen, jsou varovná volání, která hrají důležitou roli při upozorňování ostatních jedinců na přítomnost predátora (Voříšek 2009, Injaian 2019, Slabbekoorn & Ripmeester 2008). Chronické působení hluku vyvolává ztrátu sluchu nebo vede ke změnám chování. Změny v chování byly pozorovány například u pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs*), která kratší dobu sháněla potravu na úkor ostražitosti vůči predátorům a pozorování okolí (Slabbekoorn & Ripmeester 2008).

Podle Polaka et al. (2013) vnímají rušnou dopravu nejcitlivěji druhy hnízdící na zemi s nízkofrekvenčními hlasovými projevy. Autoři této studie dále zjistili, že druhy dorozumívající se nízkými frekvencemi záměrně neobsazovaly stanoviště podél hlučných silnic, a to z důvodu, aby předcházely rušení a maskování svých hlasových projevů hlukem z dopravy. Jedná se například o holuba hřivnáče (*Columba palumbus*), pěnici slavíkovou (*Silvia borin*), žlunu šedou (*Picus canus*) nebo hrdličku divokou (*Streptopelia turtur*). V reakci na nadměrný hluk z dopravy, některé druhy zvyšují svou hlasitost projevu. Příkladem je vyšší hlasitost slavíka obecného (*Luscinia megarhynchos*) v centru Berlína (Slabbekoorn & Ripmeester 2008).

Další výzkum Formana et al. (2002) uvádí nižší početnost druhů otevřené krajiny na vzdálenost 700 m při dopravní intenzitě 15 000-30 000 voz/den. V případě vyšší dopravní intenzity než 30 000 voz/den uvádí snížení početnosti druhů až na vzdálenosti 1200 m (Forman et al. 2002). Rozdílné účinky ovlivnění silniční dopravou v podobě odlišných vzdáleností, byly pozorovány u ptáků lesních ekosystémů a otevřené krajiny. Ovlivnění početnosti populací lesních druhů dosahovalo do vzdálenosti 650 m od okraje vozovky s úbytkem ptáků o jednu třetinu. Druhy vázané na polní a travnaté ekosystémy byly přímo ovlivněny až do vzdálenosti 930 m od pozemní komunikace (Forman & Deblinger 2000). Výzkum Formana & Alexandera (1998) uvádí vzdálenost vlivu dálnice na ptáky v kontextu s dopravní intenzitou a průměrnou rychlostí vozidel. Dopravní komunikace s hustotou provozu nižší než 10 000 vozidel/den představovali účinky dopravy na lesní druhy do vzdálenosti 305 m a na druhy otevřené krajiny 365 m. Dopravní intenzita vyšší než 50 000 vozidel/den znamenala účinky na lesní druhy do vzdálenosti 810 m a na druhy otevřené krajiny do 930 m. Stejná dopravní intenzita ovlivňovala druhy otevřené krajiny až do 930 m. Účinek vlivu dálnic na obě skupiny druhů se zvyšoval s rostoucí rychlostí vozidel a intenzitou dopravy. Forman & Alexander (1998) také uvádějí, že závažnost těchto faktorů ještě více působí na druhy malých populací.

Podle Formana & Alexandera (1998) početnost lesní druhů ptáků v blízkosti silnic klesá s průměrnou intenzitou hluku od 42 dB a výše. V jejich studii byl nejvíce citlivým lesním druhem kukačka obecná (*Cuculus canorus*), která vykazovala nižší početnost již při 35 dB. V případě lučních druhů ptáků klesala jejich početnost od průměrné hodnoty hluku 48 dB (Forman & Alexander 1998). V další studii uvádí Wiacek et al. (2015a) obdobný výsledek. Lesní druhy ptáků v této studii nejsou významně ovlivněny až do hodnoty 49 dB. Kuitunen et al. (1998) popisuje na území Finska jako nejvíce hlukem postižené druhy budníčka většího (*Phylloscopus trochilus*), křivku obecnou (*Loxia sp.*) a lindušku lesní (*Anthus trivialis*).

Některé druhy ptáků jsou naopak schopny rušné dopravní komunikace tolerovat a záměrně se tak těmito hlučným místům nevyhýbají. Takovým druhem je například sýkora koňadra (*Parus major*), jejíž častější výskyt může být podmíněn lepší potravní nabídkou v blízkosti okrajů rušných silnic (Slabbekoorn & Ripmeester 2008, Wiacek et al. 2015a) Sýkora koňadra je druhem, který se dobře adaptoval na prostředí s vysokou hladinou hluku (Polak et al. 2013).

2.1.4 Vliv protihlukových stěn

Přímý dopad dopravy na početnost ptáků způsobují některé stavební prvky umístěné podél dálnic, například z důvodu zamezení šíření hluku do okolí. Takovými prvky jsou protihlukové stěny, které jsou především na mostech pro odlehčení konstrukce vyrobené z průhledných materiálů. Zvláště nebezpečné jsou tyto stavby situované v nivách vodních toků a podél pásů dřevin v jinak bezlesé krajině. Průhledné plochy ptáci z různých příčin nevnímají jako překážku a při pokusu jimi proletět umírají. Podle Mayera (2009) lze tento problém vyřešit polepením ploch průhlednými pásky. V roce 2008 byl tento polep zkoušen na jednom kilometru protihlukových stěn dálnice D1 v úseku mezi Ostravou a Bohumínem. Po zabezpečení ploch pásky střety ptáků ustaly a v daném úseku již nedocházelo k úmrtí ptáků, které by způsobovaly střety s protihlukovými stěnami (Mayer 2009, Voříšek 2009, Strnad & Bílá 2015). Druhým možným opatřením zviditelnění průhledné plochy stěn je jejich celoplošný nátěr. Nátěr splňuje požadované funkční vlastnosti, ale jeho odlepení způsobené ročním provozem a následné opravy jsou z estetického hlediska nevzhledné. Naopak neefektivní metodou je běžně používaný polep průhledných ploch siluetami dravců (Mayer 2009, Viktora & Dolejský 2015).

2.1.5 Světelné znečištění, změna chemismu prostředí a další vlivy

Umělé osvětlení pocházející z různých zdrojů je celosvětově jedním z nejdůležitějších aspektů ovlivňující biodiverzitu. Světelná disturbance přímo ovlivňuje chování živočichů jako například orientaci v prostoru nebo jejich distribuci.

Umělému osvětlení se zcela vyhýbají lesní druhy ptáků, například datel černý (*Dryocopus martius*). To je dáno z podstaty výskytu druhu, jenž obývá lesní porosty a umělé osvětlení ho ruší. Určitý stupeň světelného znečištění naopak dokážou tolerovat některé druhy otevřené zemědělské krajiny. Takovým druhem je bamborníček černohlavý (*Saxicola rubicola*) (Kosicki 2020). Světelné znečištění osvětlených liniových staveb a osvětlených vozidel však působí v porovnání s hlukem na kratší vzdálenosti (Forman & Alexander 1998).

Silniční doprava a údržba komunikací je také zdrojem mnoha cizorodých látek, které se uvolňují do okolního prostředí. Produkovanými látkami jsou například těžké kovy, oxidy dusíku, oxid siřičitý, sůl, organické sloučeniny nebo ozón. Množství kontaminujících látek je přímo úměrné intenzitě silniční dopravy. Cizorodé látky

uvolněné dopravou se většinou vyskytují v nejbližším okolí dálnice a to do 20 m, avšak zvýšené koncentrace těžkých kovů jsou často nacházeny i ve vzdálenostech 200 m od komunikace. Sloučeniny dusíku a síry eutrofizují prostředí a zvyšují jeho acidifikaci (Trombulak & Frissell 2000, Iuell et al. 2003). Dalším produktem dopravy je ozón, který negativně působí na vegetaci v okolí dálnic. Kontaminující látky jsou ukládány nejen do půd ale i do podzemních vod. Přívalové deště usnadňují šíření cizorodých látek, které jsou rychleji vsakovány do půd a absorbovány rostlinami. Obohacené dešťové vody ovlivňují vodní ekosystémy. Zvýšená koncentrace těžkých kovů způsobuje úmrtí ryb a dalších vodních organismů. Další faktor, který napomáhá šíření látek je převládající proudění větru (Forman & Alexander 1998, Trombulak & Frissell 2000).

Výsledkem změn chemismu prostředí je vysídlování organismů z okolí silnic nebo také jejich úmrtí. Tím dochází ke snižování početnosti druhů a druhového složení. Dopravní komunikace působením a změnou svého okolí naopak umožňují rychlé šíření exotických invazivních druhů, především rostlin. Z důvodu rušivého efektu, který doprava produkuje, mají dopravní komunikace na šíření nepůvodních druhů živočichů malý vliv. Invazní nepůvodní rostliny osidlují narušená stanoviště v okolí silnic a svou přítomností mimo jiné také ovlivňují skladbu živočichů. Exotické druhy rostlin oproti původním druhům rychleji rostou a v některých případech jsou cíleně vysazovány, proto aby zabraňovali erozi půdy. Podél dopravních komunikací se dobře šíří například zlatobýl obrovský (*Solidago gigantea*) nebo trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) (Trombulak & Frissell 2000, Berchová-Bímová et al. 2019).

2.2 Ptáci a železniční doprava

Také železniční tratě se podílejí negativně na fragmentaci krajiny a na ničení přírodních biotopů, jenž následně zapříčiňují srážky ptáků s vlaky a střety s elektrickými trolejemi trakčního vedení tratě. Rušení ptáků také napomáhá hluk a vibrace způsobené projíždějícími vlaky a také osvětlení vlaků i samotné trati.

Wiacek et al. (2015b) zkoumal vliv železniční trati na početnost ptáků a zaznamenal vyšší početnost ptáků podél železniční trati než na vzdálenějších bodech v lese. Otevřený prostor dopravního koridoru tvoří mikroklima a zvláštní stanovištní podmínky, jež různé druhy ptáků využívají pro hledání potravy a technické zázemí trati např. sloupy trakčního vedení, jim slouží k odpočinku a rozhlížení se po okolí (Wiacek et al. 2015b).

Železniční tratě poskytují hojné zdroje potravy pro dravce a sovy, kteří hodují na mršinách živočichů sražených vlaky. Podle Jankovského a Čecha (2008) přítomnost predátorů dokládají vývržky v okolí mršin.

Železniční doprava v porovnání se silniční dopravou nepůsobí na své okolí konstantním hlukem. Přerušovaný hluk, který je vytvářen projíždějícími vlaky podle Wiaceka et al. (2015b) nemá negativní dopad na početnost lesních druhů ptáků v okolí železničních tratí. V porovnání se silniční dopravou a jejím rušivým efektem na některé druhy ptáků a jejich vzájemné komunikace, hluk produkovaný železnicí neovlivňuje ani početnost ptáků, kteří se dorozumívají na úrovni nízkých frekvencí (Wiacek et al. 2015b).

Podle Jankovského & Čecha (2008) oběti srážek vlaků nedosahují vysokých počtů jedinců a nepředstavují tedy významný vliv na početnost ptačích druhů. Jako výjimku uvádějí časté srážky bažanta obecného (*Phasianus colchicus*) v traťových úsecích otevřené krajiny polí s keři.

2.3 Ptáci a letecká doprava

Letecká doprava generuje vysoké hladiny zvuku, které jsou především v malých výškách a v okolí letišť pro ptáky velmi nepříznivé. Hluk motorů přehluší jejich komunikaci a dlouhodobé působení hluku vede k poklesu hnízdní úspěšnosti, snížení úspěšnosti vylíhnutí vajec a snížení míry růstu mláďat. Výsledkem snížení reprodukční schopnosti jedinců je menší velikost celé populace a nižší druhová

diverzita (Alquezar & Macedo 2019). V reakci na vysoké denní hladiny hluku, začínají některé druhy dříve zpívat, a to v porovnání se stejnými jedinci v hlukem nezasazených lokalitách (Dominoni 2016). Dominoni (2016) zmiňuje například červenku obecnou (*Erithacus rubecula*), kosa černého (*Turdus Merula*), sýkoru koňadru, sýkoru modřinku (*Cyanistes caeruleus*) nebo pěnkavu obecnou.

Dalším negativním vlivem jsou střety ptáků s letadly, které mají pro ptáky fatální následky a zároveň bezprostředně ohrožují bezpečnost letecké dopravy. Vyšší riziko střetu je především tehdy, když je letiště umístěno v migračních trasách ptáků. K nejvíce střetům dochází v ranních a podvečerních hodinách za jasného počasí, při kterém jsou ptáci nejvíce aktivní. Vyšší množství střetů je také zaznamenáváno během jarní a podzimní migrace (Godin 1994, Sodhi 2002).

Letecká doprava a související infrastruktura přináší i pozitivní aspekty pro ptáčí společenstva. Letištní plochy vytvářejí řadu člověkem pozměněných biotopů, které ptákům poskytují zdroje potravy, místa k odpočinku nebo ke shromažďování. Travní porosty poskytují bezobratlí, kterými se živý například špaček obecný (*Sturnus vulgaris*) nebo kos černý, velkou plochu pro ptáky sdružující se v hejnech jako jsou holubi nebo husy. Mnoho druhů ptáků se na letištích zdržuje také kolem vodních ploch a toků, které slouží letišti pro účely odpadních vod nebo je do nich svedena dešťová voda z ranvejí (Godin 1994, Morelli et al. 2014).

2.4 Pozitivní aspekty dopravy

Široké spektrum studií informuje o negativních vlivech dopravy a jejím přispívání ke snižování biodiverzity. Některé druhy ptáků naopak přítomnost silnic a dálnic ovlivňuje pozitivně a přináší kladný efekt v podobě vyšší druhové diverzity. Avšak pozitivní vlivy dopravy na početnost a diverzitu ptáků v jejím okolí je zřejmý především u liniových staveb s nízkou frekvencí dopravy. Silnice a železnice mohou být zdrojem heterogenity, a to především v homogenních oblastech s hospodářsky intenzivně využívanou krajinou (Morelli et al. 2014).

Některé druhy ptáků využívají přítomnosti dálnic ve svůj prospěch a záměrně se v jejich okolí zdržují, hledají zde potravu. Ve východní Asii jde například o pěnkaváka liščího (*Montifringilla ruficollis*) nebo strakuli tarimskou (*Podoces biddulphi*). V Severní Americe využívají prostředí dálnic k zisku potravy například strnádka večerní (*Pooecetes gramineus*), drozd stěhovavý (*Turdus migratorius*),

vrabec domácí, hrdlička karolinská (*Zenaida macroura*), krkavec velký (*Corvus corax*). Častými návštěvníky okrajů silnic jsou ptáci z čeledi krkavcovití (*Corvidae*), kteří zde hledají mršiny živočichů sražených vozidly. V Severní Americe se podél dálničních koridorů vyskytují také mrchožraví kondoři krocanovití (*Cathartes aura*) a kondoři havranovití (*Coragyps atratus*) (Morelli et al. 2014).

Studie ze střední Itálie (Morelli et al. 2015) prokazuje pozitivní vliv dálnic, mimo již zmiňované sýkory koňadry na drozda brávníka (*Turdus viscivorus*) a budníčka horského (*Phylloscopus bonelli*). Z druhů otevřené krajiny autoři zmiňují pozitivní vliv dálnic na skřivana lesního (*Lullula arborea*), pěnici hnědokřídrou (*Sylvia communis*), rehka domácího (*Phoenicurus ochruros*), konipase lučního (*Motacila flava*), bramborníčka černohlavého (*Saxicola rubicola*), pěnici vousatou (*Sylvia cantillans*). Oproti řadě negativním vlivům spojených s dálniční infrastrukturou, mohou také dálnice v homogenní krajině přispívat ke zvýšení heterogenity prostředí okrajovými habitaty jako jsou keřové porosty živých plotů nebo roztroušené stromy (Morelli et al. 2015). Okrajový efekt, který dálnice vytváří, využívá například strnad luční (*Miliaria calandra*), vrabec domácí, vrabec skalní (*Passer petronia*) (Morelli et al. 2014). K větší přítomnosti některých druhů v blízkosti dálnic přispívají také doprovodné stavby doplňující infrastrukturu dálnic jako například mosty, propustky, různé stožáry, sloupy a reklamní poutače (Morelli et al. 2015).

Okrajový efekt je vytvářen také železničními tratěmi. Ptáci v jejich blízkosti nachází příležitosti k hledání potravy nebo ke hnízdění. Podobně jako v případě dálnic, jsou ptáci schopni využít i doprovodné stavby v okolí tratí, jimiž jsou například stožáry s osvětlením nebo elektrickým vedením nebo zabezpečovací zařízení. V homogenní krajině mohou železniční tratě přispívat ke zvýšení heterogenity prostředí (Morelli et al. 2014). Rozpálené dálnice a jejich uvolňující se teplo využívá krahujec krátkoprstý (*Accipiter brevipes*) v západní Asii k efektivnějšímu letu v období migrace (Morelli et al. 2014).

Další možná vysvětlení pozitivního vlivu silnic na volně žijící populace ptáků jsou následující. Populace s malými teritorii a vysokou reprodukční schopností nejsou pravděpodobně na úrovni populací ovlivněny střety způsobené dopravou. Druhou možností, proč nejsou ptáci dopravou ovlivněni je jejich schopnost vyhnout se vozidlům. A v poslední řadě je početnost populací druhů v okolí silnic spojená s nižším predčním tlakem (Morelli et al. 2014).

3 METODIKA

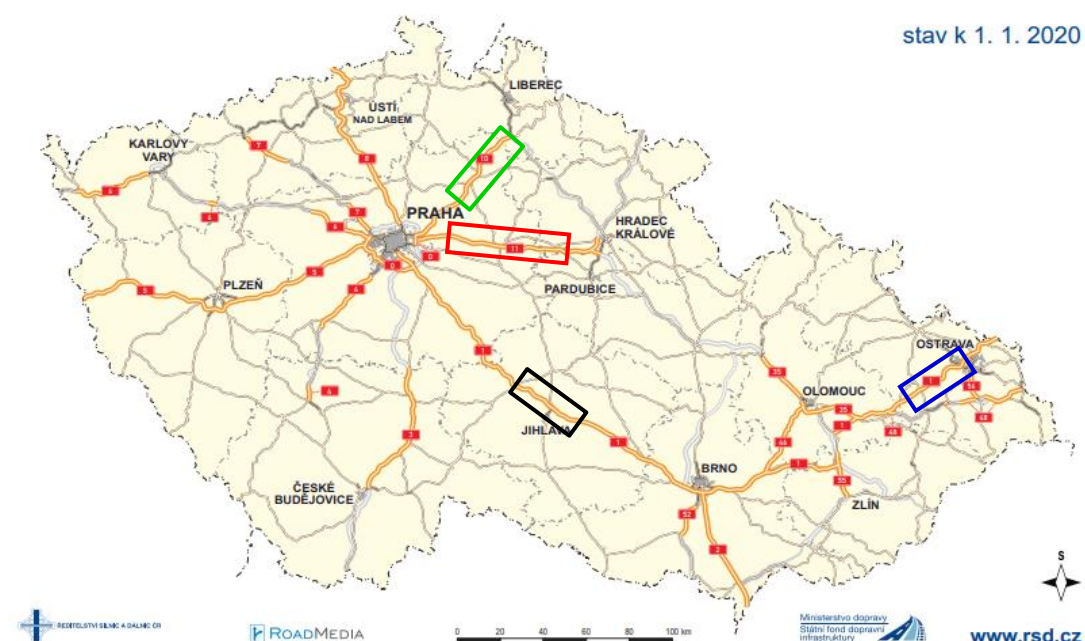
3.1 Charakteristika studovaných lokalit

Data byla sbírána ve čtyřech oblastech České republiky podél čtyř dálnic viz. **Tab. 1**. Studované oblasti jsou vyznačeny na **Obr. 1**.

Tab. 1 Základní přehled o jednotlivých studovaných lokalitách.

Dálnice	Sčítatel	Rok sčítání	Kraj	Zdroj
D1a	Musilová	2008	Vysočina	Musilová 2009
D10	Šťastný	2010	Středočeský	Šťastný 2011
D1b	Maršálková	2011	Moravskoslezský	Maršálková 2012
D11	Hladík	2020	Středočeský	Autor

Obr. 1 Umístění všech čtyř studovaných oblastí v rámci České republiky (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2020). Černý obdélník (Musilová 2009), zelený obdélník (Šťastný 2011), modrý obdélník (Maršálková 2012), červený obdélník (Autor).



3.1.1 Studovaná lokalita D11

Sčítací čtverce ve studované oblasti podél dálnice D11 byly rozmístěny v úseku dlouhém 56 km mezi městysem Nehvizdy na 10. km dálnice (50.1298692N, 14.7501025E) a 68. km na exitu Chýšť (50.1353711N, 15.5188878E). Většina studovaného území náleží Středočeskému kraji a jen malá část úseku na východě zasahuje do kraje Královéhradeckého. Oblast geomorfologicky náleží do Středočeské

a Východočeské tabule, jež jsou charakteristické plochým reliéfem a nízkou nadmořskou výškou, která se ve vymezené oblasti pohybuje od 187 m. n. m. do 272 m. n. m. Vyskytují se zde nízké terasy, údolní nivy s pokryvy navátých písků. Geologicky je oblast budována horninami svrchní křídly (vápenité jílovce, slínovce, méně jílovité vápence) (Smolová 2020, CENIA ©2019). Celé území náleží fytogeografické oblasti Českého Termofytika. Průměrná roční teplota zde dosahuje 9-10 °C s ročním úhrnem srážek od 450-600 mm (ČHMU © 2020).

Ve sledovaném území převládá pro oblast Polabí charakteristická otevřená zemědělská krajina s rozptýlenou zelení. Zeleň je vázaná především na vodní toky a okraje silnic. Velké zemědělské celky jsou přerušeny čtyřmi rozsáhlými a několika menšími lesními porosty. Lesní porosty jsou zastoupeny listnatými a smíšenými lesy. Nezanedbatelnou část lesního porostu tvoří také jehličnaté lesy (ÚHUL ©2019). Celá oblast je také poměrně hustě osídlena a nezřídka kdy dopravní komunikace sousedí přímo s několika obcemi.

Studované území je rozděleno významným českým tokem řekou Labe, které na několika částech svého toku vytváří podmínky pro existenci lužních lesů. Nejvýznamnějším a nejrozsáhlejším lužním lesem v této oblasti je zároveň chráněn jako NPR Libický luh.

Ve vzdálenosti 4 km od dálnice D11 se podél 56 km studovaného území nachází dvě NPR (Libický luh, Kněžičky), šest PR (Káraný-Hrbáčkovy tůně, Vrt', Tonice-Bezedná, Dománovický les, Louky u rybníka Proudnic, Mydlovarský luh), tři NPP (Slatinná louka u Velenky, V jezírkách, Žehuňský rybník), šestnáct PP (U skal, Polabské hůry, Kerské rybníčky, Kersko, Milčice, Slatinná louka u Velenky, Louky u Choťánek, Písečný přesyp u Osečka, Oškobrh, Žehuňsko-Báň, Váha, Žiželický les, Čihadelské rybníky, Víno, Olešnice, Pamětník) a jeden Přírodní park Kersko-Bory.

Výstavba dálnice D11 byla zahájena v roce 1978 a současně ještě nebyla dokončena. V provozu je úsek dlouhý necelých 92 km, který končí v blízkosti Hradce Králové. Pokračující úsek dálnice je plánován přes města Jaroměř a Trutnov na státní hranici s Polskem kde se má napojit na plánovanou polskou rychlostní silnici S3 (České dálnice ©2019).

Studovaný 56 km úsek dálnice D11 byl vystavěn ve 4 etapách. První úsek studované části dálnice začínající v Jirnech a končící v Třebestovicích byl dokončen v roce 1985. Pokračující úsek byl zprovozněn do Libice nad Cidlinou v roce 1990. Úsek z Libice nad Cidlinou do Dobšic a poslední navazující úsek studované části dálnice D11 byly otevřeny provozu současně v roce 2006 (České dálnice ©2019).

Průměrná roční intenzita dopravy ve sledované oblasti dálnice D11 se pohybuje od 26-43 tisíc vozidel za 24 hodin. Přičemž průměrná intenzita dopravy klesá s rostoucí vzdáleností od Prahy. Nejvyšší intenzita dopravy až 43 tisíc voz/24 h je v části prvního úseku z Jiren po Exit 18 u Bříství. Další úsek od Bříství až po Libici nad Cidlinou v sobě zahrnuje téměř 2 stavební úseky a intenzita dopravy se na něm pohybuje od 38 tisíc voz/24 h (Bříství až Třebestovice) do 32 tisíc voz/24 h (Libice nad Cidlinou). Ve zbývajícím úseku mezi Libicí nad Cidlinou a Chýští, který pokrývá 2 stavební úseky je intenzita dopravy 26-27 tisíc voz/24 h (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2016).

Společně s daty získaných autorem této práce, byla vyhodnocována data dalších tří již zpracovaných diplomových prací zabývajících se stejným tématem vlivu dálnic na ptáčí společenstva.

3.1.2 Studovaná lokalita D1a

Musilová (2009) svá data sbírala v hnízdní sezóně 2008 v úseku dálnice D1 mezi městy Havlíčkův Brod a Jihlava. Nejvytíženější dálnice v ČR prochází ve studovaném území Českomoravskou vrchovinou s nadmořskou výškou v rozmezí od 385 m do 708 m. n. m. Převážná část okolí vymezeného úseku je tvořena zemědělskou půdou a lesy, které jsou tvořeny především smrkovými monokulturami. Intenzita dopravy byla pro potřeby diplomové práce převzata z roku 2007 a ve studovaném úseku dosahovala 40 tisíc vozidel/den. Na rozdíl od následujících prací (Šťastný 2011, Maršálková 2012, autor), byly sčítací čtverce rozmístěny ve třech vzdálenostech od dálnice (25 m, 500 m, 1000 m) (Musilová 2009).

3.1.3 Studovaná lokalita D10

Šťastný (2011) prováděl sčítání ptáků v polovině dubna a května roku 2010. Sčítání probíhalo v úseku dálnice D10 mezi Předměřicemi nad Jizerou a Čtveřínem u Turnova. Studovaný úsek je charakterizován plochým až mírně zvlněným reliéfem s nižší

nadmořskou výškou v rozmezí mezi 179 m a 463 m.n.m. a řekou Jizerou, která se vine podél celého studovaného úseku dálnice D10. Oblasti Pojizeří převládá zemědělská krajina doplněná o listnaté nebo smíšené lesy. Průměrná intenzita dopravy se pohybovala v rozmezí 20-30 tisíc vozidel/den a tato data byla převzata z průzkumu z roku 2005 (Šťastný 2011).

3.1.4 Studovaná lokalita D1b

Poslední sada dat pochází z diplomové práce Maršálkové (2012), která sčítala ptáky v úseku dálnice D1 mezi Hranicemi na Moravě a Klimkovicemi. Oblast v této části dálnice D1 je nížinná s průměrnou nadmořskou výškou kolem 229 m.n.m. Většina studovaného úseku je vystavěna podél řeky Odry. Území dominuje zemědělská krajina doplněná o převážně listnaté lesy. Studovaný úsek dálnice D1 byl otevřen v listopadu roku 2009. Sčítání dopravy na něm probíhalo v roce 2010 a proto je získaná průměrná intenzita dopravy v počtu 10-15 tisíc vozidel/den pouze orientační (Maršálkové 2012).

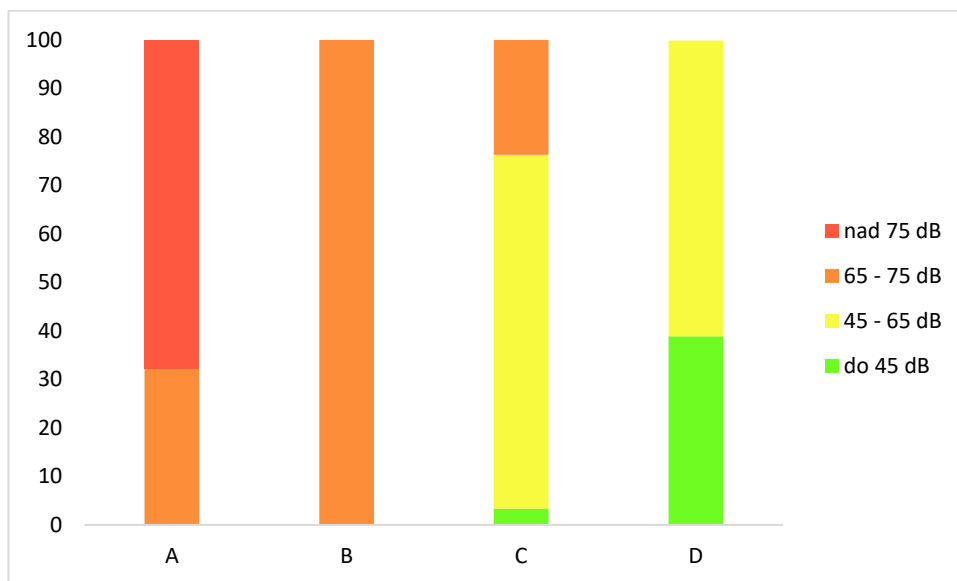
3.2 Hluk

V této práci byly hodnoty hluku zjištěny pouze pro 3 studované oblasti. Studovanými úseky dálnic byly dálnice D1 (D1a), D10 a D11. Úsek studované oblasti dálnice D1b (severní Morava) byl v době sčítání ptáků v provozu teprve jeden rok a údaje o hlukové expozici proto nebyly dispozici.

Studované oblasti se nacházejí v nížinných částech ČR. Výjimkou je pouze oblast D1a, která protíná Českomoravskou vrchovinu s nadmořskou výškou až 708 m.n.m. Krajina je v této studované oblasti členitější a více lesnatá, což může být důvodem pro vyšší výskyt druhů.

Hodnoty hluku do 45 dB byly zjištěny pouze na 39 % čtverců vzdálených 1000 m a na 3 % čtverců vzdálených 500 m od dálnice. Zbylým nejdále umístěným čtvercům byly zjištěny hodnoty hluku v rozmezí 45-60 dB. Nejvyšší hodnoty hluku (nad 75 dB) byly zjištěny na 68 % čtverců umístěných nejbližší dálnici ($A=25$ m). Ostatním nejbližší umístěným čtvercům (32 %) byly zjištěny hodnoty hluku v rozmezí 60-75 dB. Všem čtvercům vzdálených 125 m od dálnice byla zjištěna hodnota hluku v rozmezí 60-75 dB (**Obr. 2**).

Obr. 2 Graf zobrazující procentuální zastoupení hladin hluku v jednotlivých vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

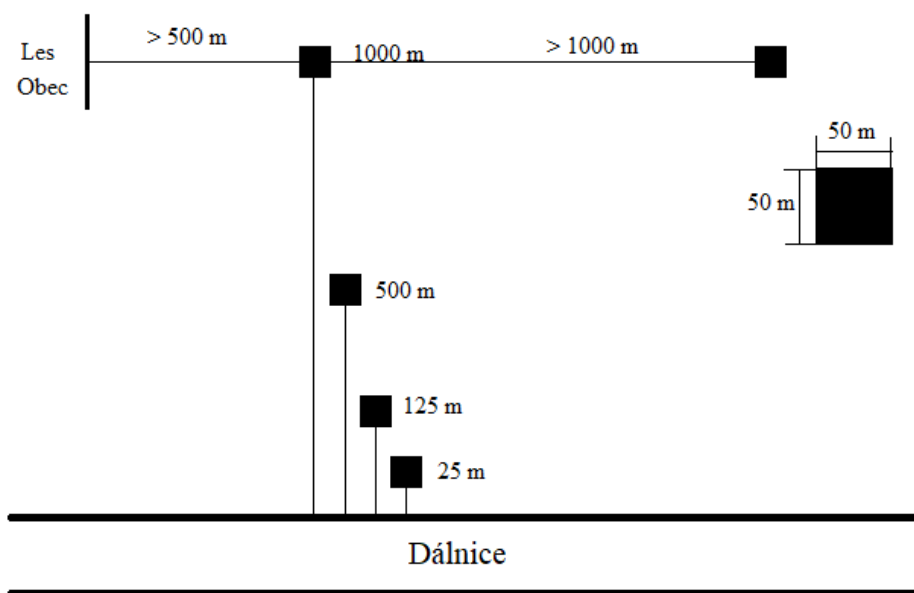


3.3 Design pokusu

V každé ze čtyřech studovaných oblastí byly vytyčeny transektů se sčítacími čtverci. Každý z transektů obsahoval čtyři sčítací čtverce o rozměrech 50 x 50 m. Jednotlivé sčítací čtverce byly vzdáleny od dálnice vždy 25 m, 125 ± 50 m, 500 ± 100 m a 1000 ± 100 m. Výjimka byla pouze v případě studované lokality Musilové (2009), ve které byly sčítací čtverce jen ve třech vzdálenostech (chybí čtverce se vzdáleností 125 m). Ve čtyřech studovaných lokalitách bylo dohromady vytyčeno 79 transektů s 298 sčítacími čtverci. V **Příloze 13** je zobrazeno 80 transektů v rámci studované oblasti dálnice D11.

Z důvodu zabránění pseudoreplikace dat, byly transektů navzájem od sebe vzdáleny minimálně 1000 m. Další podmínkou byla minimální vzdálenost 500 m od lesního porostu a obce, z důvodu odstranění jejich vlivu na sčítací transektů. Jednotlivé vzdálenosti a umístění čtverců jsou zachyceny na **Obr. 3** a vzorové umístění sčítací lokality je zobrazeno na **Obr. 4**.

Obr. 3 Schéma designu pokusu.



3.4 Sběr dat

Ve všech čtyřech studovaných oblastech byl pomocí zrychlené metody mapování hnízdních okrsků zjištěn vliv dálnic na kvalitativní a kvantitativní charakteristiky ptačích společenstev (Bibby et al. 1992). Výběr vhodných lokalit byl proveden na základě leteckých snímků.

Sčítání ptáků na všech lokalitách probíhalo v polovině dubna a května v časných ranních hodinách (od východu slunce max. 4 hodiny) za příznivého počasí, tedy bez deště a silného větru (více než 5 m/s). Vždy byly provedeny 2 kontroly na každém čtverci a zaznamenávána byla prezence jednotlivých druhů po dobu 10 minut. Zaznamenávání byly viditelní i slyšitelní jedinci. Do záznamu nebyli zahrnuti jedinci, kteří přelétali daný čtverec. Výsledná hodnota určuje počet druhů zaznamenaných během obou provedených kontrol dohromady na jednotlivých sčítacích čtvercích v dané vzdálenosti.

Obr. 4 Vzorové umístění sčítacích čtverců na vybrané lokalitě.



3.5 Popis biotopu

Ve vegetační sezóně byly popsány sčítací čtverce z hlediska jejich stanovištních charakteristik. Popsané charakteristiky jsou důležitým faktorem z hlediska výskytu druhů ptáků. Jednotlivé biotopové charakteristiky byly vybírány na základě dříve zpracované diplomové práce Šťastného (2011), z důvodu statistického vyhodnocení a porovnání výsledků prací.

Na sčítacích čtvercích byla zaznamenávána:

- Procentuální pokryvnost stromového (E3), keřového (E2) a bylinného patra (E1).
- Přítomnost vody, orné půdy a ostatních ploch.
- Vzdálenost středu sčítacího čtverce od lesního porostu, obce a sledované rychlostní komunikace (v metrech).
- Orientace k rychlostní komunikaci (příklon či odklon terénu vůči dálnici, neutrální poloha terénu byla brána jako příklon).
- Kategorie hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3:60-75 dB 4: nad 75 dB) dle hlukové mapy (MZ ČR ©2017).

3.6 Zpracování dat

Ke zjištění vlivu vzdálenosti dálnice na ptačí společenstva, byla použita data o prezenci či absenci druhů na sčítacích čtvercích, vždy ze dvou kontrol a ze všech čtyř studovaných oblastí (Musilová 2009, Šťastný 2011, Maršálková 2012, autor).

Vyhodnocení dat bylo provedeno v programu R 4.0.3. Data byla vyhodnocena pomocí lineárního modelu se smíšenými efekty, jímž byl testován vliv vzdálenosti dálnice na abundanci druhů. Vysvětlovanou proměnnou v modelu byla abundance druhů s vysvětlující proměnnou vzdáleností od dálnice. Do testovaného modelu byly zařazeny také stanovištní parametry (pokryv stromů a keřů, vzdálenost od lesa a obce, presence vody) z důvodu jejich možných účinků na sčítací transekty. Do modelu byl také přidán faktor pozorovatele, který byl z důvodu odlišného roku sčítání a subjektivního pozorování určen jako náhodný efekt. Jako signifikantní byly brány hodnoty na hladině významnosti $\alpha < 0,05$. Nejlepší model s různými proměnnými byl vybrán na základě hodnoty AIC (Akaikeho informační kritérium). Normalita residuálů modelu byla kontrolována pomocí Shapira-Wilkova testu.

V případě zjištění vlivu hluku na ptačí společenstva byla použita data o presenci či absenci druhů na sčítacích čtvercích, vždy ze dvou kontrol a pouze pro tři studované oblasti (Musilová 2009, Šťastný 2011, autor).

Do testovaného modelu byly jako v případě testování vlivu vzdálenosti zařazeny stanovištní parametry sčítacích transektů. Do modelu byl také přidán faktor pozorovatele, který byl určen jako náhodný efekt. Vysvětlující proměnnou v modelu byla intenzita hluku. Z důvodu silné korelace hluku se vzdáleností, nebyla vzdálenost do modelu zahrnuta. Signifikantní hodnoty byly brány na hladině významnosti $\alpha < 0,05$ stejně jako v případě testování vlivu vzdálenosti. Nejlepší model testu s různými proměnnými byl vybrán na základě hodnoty AIC. Normalita residuálů modelu byla kontrolována pomocí Shapira-Wilkova testu. Jednotlivé vzdálenosti od dálnice byly vyhodnoceny mnohonásobným porovnáním pomocí Tukey testu. Stejně vyhodnocení bylo provedeno také pro kategorie hluku.

V práci byly také jednotlivé druhy porovnány podle biotopových preferencí, hnízdních a potravních gild. Druhy byly zařazeny podle hnízdních gild (nest) na druhy: bylinného patra (ground), keřového patra (shrub), stromového patra (canopy), dutinové (cavity) a ostatní (other). Podle potravních gild (food) byly ptáci rozděleny na druhy hmyzožravé (insectivorous), semenožravé (granivorous), masožravé (carnivorous) a všežravé (carnivorous). Druhy byly dále rozděleny dle biotopových preferencí na druhy otevřené zemědělské krajiny (farmland), lesní (woodland), mokřadní (wetland) a synantropní (synanthropic) Druhy byly také zařazeny a označeny podle Červeného seznamu ptáků ČR (Chobot & Němec, 2017).

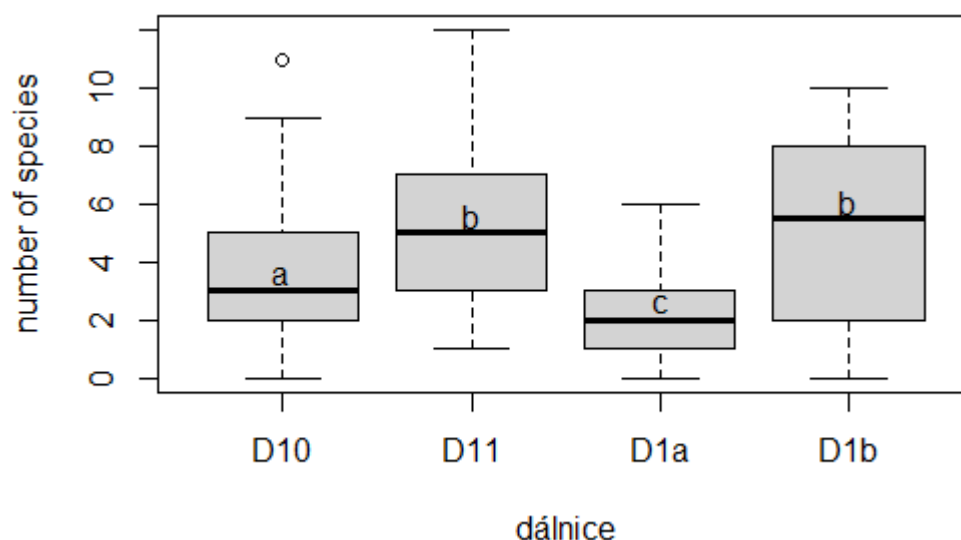
4 VÝSLEDKY

Ve všech studovaných územích bylo dohromady pozorováno 1266 jedinců patřících 74 druhům ptáků. Nejvíce početným druhem napříč všemi zkoumanými oblastmi byl strnad obecný (*Emberiza citrinella*) společně se sýkorou koňadrou, budníčkem menším (*Phylloscopus collybita*) a pěnicí černohlavou (*Sylvia atricapilla*). Naopak nejméně početnými druhy s prezencí jednoho jedince byla například: cvrčilka říční (*Locustella fluviatilis*), dudek chocholatý (*Upupa epops*), lejsek šedý (*Muscicapa striata*), pěvuška modrá (*Prunella modularis*), strakapoud prostřední (*Leiopicus medius*), šoupálek dlouhoprstý (*Certhia familiaris*), vrána šedá (*Corvus cornix*). 16 druhů ptáků o celkovém počtu 109 jedinců bylo zařazeno do červeného seznamu ohrožených druhů ptáků (1 druh jako EN - ohrožený, 8 druhů jako VU - zranitelný, 3 druhy jako NT - téměř ohrožený, 4 druhy jako LC – málo dotčený). Nejpočetnějšími druhy z červeného seznamu ohrožených druhů byly tuhýk obecný (*Lanius collurio*), slavík obecný, bramborníček hnědý (*Saxicola rubetra*), koroptev polní (*Perdix perdix*). V **Tab. 5** je zobrazena presence jednotlivých druhů v jednotlivých vzdálenostech od dálnice.

Tři druhy ptáků (sýkora koňadra, budníček menší a pěnkava obecná) které se na sčítacích čtvercích hojně vyskytovaly, byly nejvíce početné ve vzdálenosti B (125 m). Dalším nejvíce početným druhem v této vzdálenosti byla červenka obecná.

V **Příloze 1** je každému druhu přiřazena biotopová preference, potravní a hnízdní gilda. Dále jsou druhy označeny a zařazeny do Červeného seznamu ptáků ČR. Na **Obr. 5** je zobrazeno porovnání počtu druhů v závislosti na studované oblasti.

Obr. 5 Porovnání početností druhů pocházejících ze všech čtyř studovaných lokalit (D1a: dálnice D1 na Vysočině, D1b: dálnice D1 v Moravskoslezském kraji).



V **Tab. 2** jsou uvedeny počty čtverců společně s počty druhů a počty záznamů podle studovaných lokalit. Čtverce ve studované oblasti dálnice D1a byly rozmístěny pouze ve třech vzdálenostech (25 m, 500 m, 1000 m). Sčítací čtverce ostatních studovaných oblastí byly rozmístěny ve čtyřech vzdálenostech (25 m, 125 m, 500 m, 1000 m) a z toho důvodu je jejich počet oproti oblasti dálnice D1a vyšší.

Tab. 2 Přehled počtu druhů a záznamů ptáků v rámci studovaných lokalit.

Dálnice	Sčítatel	Rok sčítání	Počet čtverců	Počet druhů	Počet záznamů
D1a	Musilová	2008	54	30	127
D10	Šťastný	2010	84	41	302
D1b	Maršálková	2011	80	45	411
D11	Hladík	2020	80	53	426

Analýzou ANOVA počtu druhů byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi studovanými oblastmi ($Df = 3$, $F = 20,366$, $P < 0,001$). Pomocí Tukey testu byly zjištěny průkazné rozdíly v početnostech druhů v jednotlivých studovaných oblastí (viz. **Příloha 3**).

V **Tab. 3** je zobrazen počet druhů a záznamů v jednotlivých vzdálenostech od dálnice ze všech čtyř studovaných oblastí (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Tab. 3 Přehled zjišťovaných údajů v jednotlivých vzdálenostech od dálnice zaznamenaných ve všech čtyřech studovaných oblastech (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Vzdálenost	Počet čtverců	Počet druhů	Počet záznamů	Průměrný počet záznamů
A	79	36	171	2,2
B	61	45	245	4,0
C	79	60	390	4,9
D	79	61	460	5,8
Celkem	298	74	1266	4,2

Počet druhů: A = 59 %, B = 74 %, C = 98 %, D = 100 %.

Počet záznamů: A = 37 %, B = 53 %, C = 85 %, D = 100 %.

Na čtvercích umístěných nejbližší dálnici A (25 m) byl zjištěn pokles počtu druhů o 41 %. Naopak téměř stejný počet druhů jako v nejdále umístěných čtvercích D (1000 m) byl zaznamenán ve vzdálenosti C (500 m) od dálnice.

Větší pokles v jednotlivých vzdálenostech byl zjištěn u počtu zaznamenaných ptáků. Nejbližší dálnici A (25 m) klesl počet záznamů ptáků o 63 %. Ve vzdálenosti B (125 m) byl zaznamenan jejich pokles o 47 % a ve vzdálenosti C (500 m) byl pokles počtu záznamů ptáků již jen 15 % v porovnání se vzdáleností 1000 m.

Tab. 4 Přehled zjišťovaných údajů podle intervalů intenzity hluku zaznamenaných ve třech studovaných (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).

Hluk	Počet čtverců	Počet druhů	Počet záznamů	Průměrný počet záznamů
4	40	28	89	2,2
3	74	46	269	3,6
2	79	57	369	4,7
1	25	35	128	5,1
Celkem	218	74	855	3,9

Počet záznamů: 4: 43 %, 3: 71 %, 2: 91 %, 1: 100 %.

Procentuální úbytek počtu druhů v **Tab. 4** nebyl možný spočítat, z důvodu rozdílného počtu sčítacích čtverců v daných hlukových kategoriích. Naopak z průměrného počtu záznamů na sčítací čtverec pro dané rozmezí hluku, bylo možné zjistit procentuální úbytek počtu záznamů ptáků vůči nejnižšímu intervalu intenzity hluku (1: do 45 dB).

Na sčítacích čtvercích s nejvyšší intenzitou hluku (4: nad 75 dB) poklesl počet zaznamenaných ptáků o 57 %. V rozmezí intenzit hluku 60-75 dB klesl počet

zaznamenaných ptáků o 29 % a v rozmezí 45-60 dB klesl počet zaznamenaných ptáků pouze o 9 % vůči intenzitě hluku do 45 dB.

Tab. 5 Presence jednotlivých druhů na sledovaných čtvercích (procento obsazených čtverců) podle vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m) ze všech čtyř studovaných oblastí.

Species	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Σ [%]
<i>Emberiza citrinella</i>	34,2	50,8	54,4	55,7	48,7
<i>Parus major</i>	31,6	44,3	32,9	53,2	40,3
<i>Phylloscopus collybita</i>	26,6	47,5	25,3	20,3	28,9
<i>Sylvia atricapilla</i>	20,3	27,9	34,2	32,9	28,9
<i>Fringilla coelebs</i>	13,9	31,1	30,4	29,1	25,8
<i>Alauda arvensis</i>	6,3	19,7	31,6	32,9	22,8
<i>Sylvia communis</i>	6,3	14,8	27,8	30,4	20,1
<i>Turdus merula</i>	12,7	14,8	20,3	26,6	18,8
<i>Cyanistes caeruleus</i>	2,5	8,2	15,2	24,1	12,8
<i>Passer montanus</i>	7,6	14,8	8,9	17,7	12,1
<i>Sylvia curruca</i>	2,5	11,5	12,7	19,0	11,4
<i>Acrocephalus palustris</i>	5,1	9,8	13,9	13,9	10,7
<i>Turdus pilaris</i>	1,3	3,3	19,0	7,6	8,1
<i>Lanius collurio</i>	1,3	6,6	5,1	16,5	7,4
<i>Sturnus vulgaris</i>	2,5	3,3	11,4	11,4	7,4
<i>Luscinia megarhynchos</i>	3,8	4,9	6,3	12,7	7,0
<i>Erithacus rubecula</i>	2,5	8,2	7,6	7,6	6,4
<i>Saxicola rubetra</i>	1,3	3,3	8,9	10,1	6,0
<i>Turdus philomelos</i>	2,5	6,6	5,1	8,9	5,7
<i>Anthus trivialis</i>	0,0	6,6	10,1	3,8	5,0
<i>Falco tinnunculus</i>	0,0	3,3	11,4	5,1	5,0
<i>Cuculus canorus</i>	0,0	0,0	6,3	11,4	4,7
<i>Motacilla alba</i>	2,5	3,3	3,8	8,9	4,7
<i>Perdix perdix</i>	0,0	0,0	7,6	10,1	4,7
<i>Columba palumbus</i>	1,3	1,6	6,3	7,6	4,4
<i>Phasianus colchicus</i>	0,0	3,3	8,9	5,1	4,4
<i>Parus palustris</i>	1,3	4,9	6,3	3,8	4,0
<i>Carduelis carduelis</i>	3,8	3,3	1,3	5,1	3,4
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	1,3	1,6	1,3	8,9	3,4
<i>Emberiza calandra</i>	0,0	3,3	3,8	5,1	3,0
<i>Pica pica</i>	2,5	0,0	3,8	5,1	3,0
<i>Carduelis chloris</i>	2,5	3,3	2,5	2,5	2,7
<i>Dendrocopos major</i>	3,8	3,3	1,3	2,5	2,7
<i>Buteo buteo</i>	0,0	3,3	1,3	5,1	2,3
<i>Locustella naevia</i>	0,0	3,3	3,8	2,5	2,3
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1,3	0,0	0,0	7,6	2,3

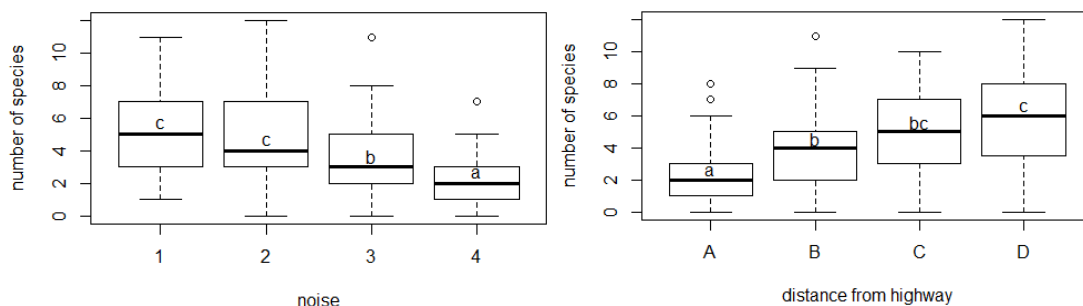
Species	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Σ [%]
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	1,3	1,6	2,5	2,5	2,0
<i>Motacilla flava</i>	0,0	1,6	3,8	2,5	2,0
<i>Phoenicurus ochruros</i>	3,8	0,0	2,5	1,3	2,0
<i>Serinus serinus</i>	1,3	3,3	1,3	2,5	2,0
<i>Certhia brachydactyla</i>	0,0	0,0	1,3	5,1	1,7
<i>Garrulus glandarius</i>	1,3	3,3	0,0	2,5	1,7
<i>Hippolais icterina</i>	0,0	4,9	1,3	1,3	1,7
<i>Parus ater</i>	1,3	0,0	1,3	3,8	1,7
<i>Streptopelia turtur</i>	0,0	0,0	3,8	1,3	1,3
<i>Anthus pratensis</i>	0,0	1,6	2,5	0,0	1,0
<i>Carduelis cannabina</i>	0,0	0,0	2,5	1,3	1,0
<i>Passer domesticus</i>	0,0	0,0	0,0	3,8	1,0
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0,0	0,0	2,5	1,3	1,0
<i>Vanellus vanellus</i>	0,0	0,0	1,3	2,5	1,0
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1,3	0,0	1,3	0,0	0,7
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	0,0	0,0	1,3	1,3	0,7
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	0,0	0,0	2,5	0,0	0,7
<i>Emberiza schoeniclus</i>	0,0	0,0	1,3	1,3	0,7
<i>Jynx torquilla</i>	0,0	1,6	1,3	0,0	0,7
<i>Lanius excubitor</i>	0,0	1,6	0,0	1,3	0,7
<i>Sitta europaea</i>	0,0	3,3	0,0	0,0	0,7
<i>Sylvia borin</i>	0,0	0,0	1,3	1,3	0,7
<i>Troglodytes troglodytes</i>	0,0	0,0	1,3	1,3	0,7
<i>Aegithalos caudatus</i>	1,3	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Anas platyrhynchos</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3
<i>Certhia familiaris</i>	0,0	1,6	0,0	0,0	0,3
<i>Circus aeruginosus</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3
<i>Columba livia</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3
<i>Corvus cornix</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Coturnix coturnix</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Dryocopus martius</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3
<i>Leiopicus medius</i>	0,0	0,0	1,3	0,0	0,3
<i>Locustella fluviatilis</i>	0,0	1,6	0,0	0,0	0,3
<i>Muscicapa striata</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Parus montanus</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Picus viridis</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Prunella modularis</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3
<i>Upupa epops</i>	0,0	0,0	0,0	1,3	0,3

4.1 Vliv vzdálenosti a hluku na celkovou početnost druhů

Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty prokázaly zvyšující se počet druhů s rostoucí vzdáleností od dálnice ($P < 0,001$) (Obr. 6). Jak vyplývá z Tab. 6 druhým průkazným faktorem, který měl vliv na početnost druhů, byla procentuální pokryvnost stromů (E3) a keřů (E2) na sčítacím čtverci ($P < 0,001$). Posledním faktorem, který prokazatelně ovlivňoval početnost druhů byla přítomnost či absence vody v blízkosti sčítacího čtverce ($P < 0,001$). Grafy všech proměnných jsou uvedeny v Příloze 5.

Z výsledků lineárního modelu se smíšenými efekty je zřejmý pokles celkového počtu druhů ptáků v závislosti na rostoucí intenzitě hluku v daných sčítacích čtvercích (Obr. 6). Přítomnost druhů ptáků také významně ovlivňovaly další faktory, které jsou uvedené v Tab. 7. Grafy všech významných proměnných pro testovaný model počtu druhů v závislosti na hluku jsou uvedeny v Příloze 6.

Obr. 6 Vlevo: Graf závislosti počtu druhů na hluku produkovaného dálnicí (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: Graf závislosti počtu druhů na vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).



Tab. 6 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty zjištěných druhů ptáků v jednotlivých čtvercích v závislosti na vzdálenosti.

Variable	Sum Sq	Mean Sq	NumDF	DenDF	F value	Pr(>F)
E2	16,94	16,94	1	291,64	4,75	0,030 *
E3	218,40	218,40	1	291,31	61,23	<0,001 ***
water	49,28	49,28	1	290,41	13,82	<0,001 ***
distance	577,28	577,28	1	290,20	161,84	<0,001 ***

Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů zjištěn signifikantní rozdíl mezi jednotlivými vzdálenostními kategoriemi sčítacích čtverců ($Df = 3$, $F = 34,133$, $P < 0,001$). Pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání počtu druhů (Příloha 4)

byly zjištěny průkazné rozdíly mezi vzdáleností A (25 m) a všemi ostatními studovanými vzdálenostmi ($P < 0,001$). Průkazný rozdíl byl také nalezen mezi vzdálenostmi B (125 m) a D (1000 m) ($P < 0,001$).

Tab. 7 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů v závislosti na intenzitě hluku.

Variable	Sum Sq	Mean Sq	NumD	Den DF	F value	Pr(>F)
E2	20,88	20,88	1	212,98	6,46	0,012*
E3	123,96	123,96	1	211,79	38,33	<0,001 ***
water	45,88	45,88	1	211,69	14,18	<0,001 ***
noise	196,02	196,02	1	211,52	60,60	<0,001 ***

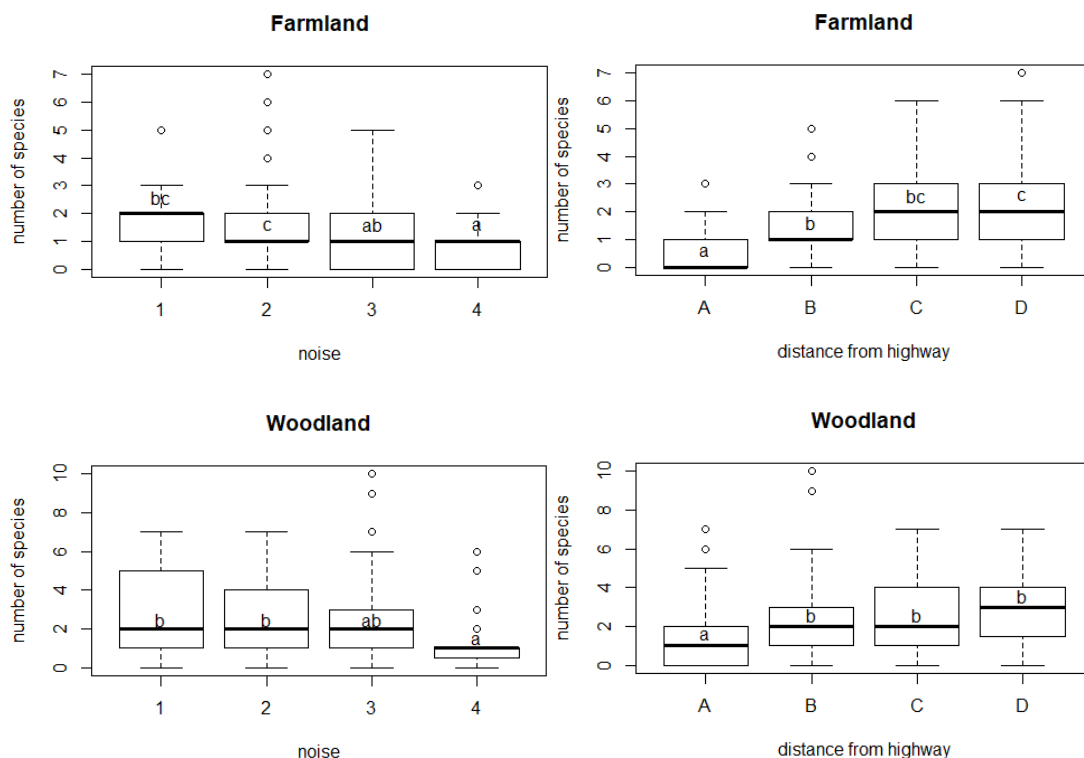
Výsledky analýzy ANOVA prokázaly signifikantní rozdíl celkové početnosti druhů mezi jednotlivými kategoriemi hluku v okolí dálnice ($Df = 3$, $F = 12,324$, $P = <0,001$). Prokazatelný rozdíl v úbytku druhů byl pozorován mezi čtverci s nejvyšší intenzitou hluku (nad 75 dB) a čtverci s nejnižší intenzitou hluku (do 45 dB), případně také se čtverci v rozmezí intenzity hluku 45–60 dB (viz. **Příloha 4**).

4.2 Vliv vzdálenosti a hluku na početnost druhů dle biotopových preferencí

Z výsledků lineárního modelu se smíšenými efekty uvedených z **Obr. 7** a **Tab. 8** vyplývá signifikantní vliv vzdálenosti od dálnice ($P < 0,001$) na početnost druhů otevřené zemědělské krajiny (Farmland) a také na početnost lesních druhů (Woodland) ($P < 0,001$). V **Příloze 7** je zobrazen rostoucí trend počtu druhů zemědělské krajiny ve vztahu ke zvětšující se vzdálenosti od dálnice. Tento trend je signifikantní také pro početnost lesních druhů, která se zvyšuje s rostoucí vzdáleností od dálnice. Všechny významné proměnné jsou uvedeny v příloze (**Příloha 7**). Z důvodu zaznamenaných nízkých počtů nebyly hodnoceny mokřadní ani synantropní druhy ptáků.

Z grafů uvedených na **Obr. 7** je zřetelný pokles počtu ptáků v závislosti na rostoucí intenzitě hluku a to pro obě skupiny uvedených biotopů. V **Tab. 9** jsou společně s intenzitou hluku uvedeny další významné faktory, které společně působily na lesní druhy a na druhy zemědělské krajiny. Grafy těchto významných faktorů jsou uvedeny v **Příloze 8**. Pro obě skupiny druhů byl druhým nejvýznamnějším faktorem prostředí pokryvnost stromů ($P < 0,001$).

Obr. 7 Vlevo: Grafy počtu druhů podle jejich biotopových preferencí v závislosti na intenzitě hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: Grafy závislosti počtu druhů zemědělské krajiny a lesních druhů na vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).



Tab. 8 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů ptáků zařazených podle biotopových preferencí.

Biotop	Variable	Sum Sq	Mean Sq	NumDF	F value	Pr(>F)
Farmland	distance	104.51	104.51	1	66.92	<0.001***
Woodland	E3	244.38	244.38	1	107.97	<0.001***
	village	10.82	10.82	1	4.78	0.030 *
	distance	113.33	113.33	1	50.07	<0.001***

Analýzou ANOVA byl pro počet druhů zemědělské krajiny zjištěn signifikantní rozdíl vzdáleností čtverců (Df = 3, F = 20,509, P <0,001). Signifikantní rozdíl vzdáleností čtverců byl prokázán také pro lesní druhy (Df = 3, F = 10,964, P <0,001). Pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání byla zjištěna signifikantně nižší početnost druhů zemědělské krajiny nejbližší dálnici (A), v porovnání s ostatními vzdálenostmi (viz. **Obr. 7**, **Příloha 4**). Signifikantně se také lišila početnost ve vzdálenosti B (125 m) od nejdále umístěného čtverce D (P = 0,002). Lesní druhy

ptáků byly stejně jako druhy zemědělské krajiny signifikantně méně početné nejbliže dálnici v porovnání s ostatními vzdálenostmi.

Tab. 9 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro druhy zemědělské krajiny a lesní druhy v závislosti na intenzitě hluku.

Biotop	Variable	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	F value	Pr(>F)
Farmland	E3	11,08	11,08	1	9,29	0,003 **
	noise	35,85	35,85	1	30,06	<0,001 ***
Woodland	E2	20,88	20,88	1	6,46	0,011*
	E3	123,97	123,97	1	38,33	<0,001 ***
	water	45,88	45,88	1	14,18	<0,001 ***
	noise	196,02	196,02	1	60,60	<0,001 ***

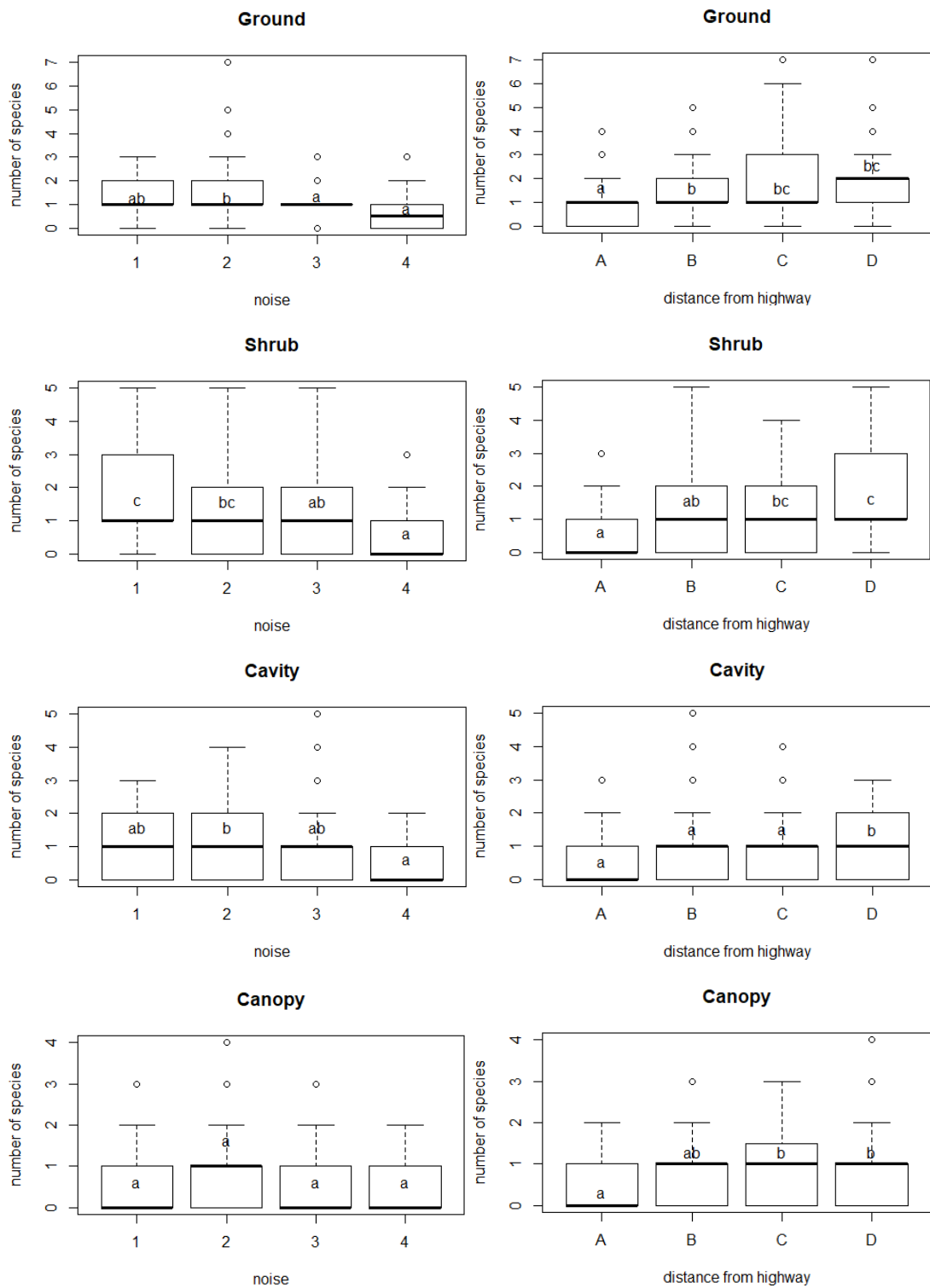
Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů zemědělské krajiny zjištěn signifikantní rozdíl mezi kategoriemi hluku (Df = 3, F = 10,819, P <0,001). Signifikantní rozdíl byl mezi kategoriemi hluku byl prokázán také u lesních druhů (Df = 3, F = 3,44, P = 0,005). Prokazatelný rozdíl ovlivnění početnosti lesních druhů a druhů zemědělské krajiny je zřejmý pouze mezi čtverci s nejvyšší intenzitou hluku nad 75 dB a čtverci s intenzitou hluku do 60 dB (viz **Příloha 4**).

4.3 Vliv vzdálenosti a hluku na hnízdní a potravní gildy

Z grafů zobrazených v **Obr. 8** je patrný, především pro druhy hnízdící v bylinném a keřovém patře, vliv vzdálenosti na početnost druhů. Z tabulky (**Tab. 10**), která zobrazuje výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty je však zřejmé, že vzdálenost od dálnice je signifikantní pro všechny uvedené hnízdní gildy s výjimkou gildy ostatní (other), která pro nízkou početnost druhů nebyla hodnocena. Grafy všech významných proměnných jsou zobrazeny v **Příloze 9**.

Obr. 8 také zobrazuje závislost počtu druhů hnízdních gild na intenzitě hluku. Z výsledku lineárního modelu se smíšenými efekty vyplývá významné ovlivnění všech druhů hnízdních gild. V **Tab. 11** jsou společně s intenzitou hluku uvedeny další významné faktory, které společně působily na druhy hnízdních gild. Všechny uvedené hnízdní gildy druhů byly významně závislé především na procentuální pokryvnosti stromů (E3). Závislosti počtu druhů hnízdních gild v závislosti na hluku a dalších proměnných jsou uvedeny v **Příloze 10**.

Obr. 8 Vlevo: grafy počtu druhů podle hnízdních gild v závislosti na hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: grafy závislosti hnízdních gild na vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).



Tab. 10 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů hnízdních gild.

Nest gild	Variable	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	F value	Pr(>F)
Ground	E3	5,930	5,930	1	4,7307	0,030 *
	water	19,705	19,705	1	15,7195	<0,001 ***
	distance	35,487	35,487	1	28,3090	<0,001 ***
Shrub	E3	18,326	18,326	1	21,709	<0,001 ***
	distance	60,020	60,020	1	71,097	<0,001 ***
Cavity	E3	21,731	21,731	1	28,965	<0,001 ***
	distance	25,471	25,471	1	33,949	<0,001 ***
Canopy	E3	7,236	7,236	1	12,391	<0,001 ***
	distance	16,253	16,253	1	27,833	<0,001 ***

Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů všech hnízdních gild zjištěn signifikantní rozdíl mezi kategoriemi vzdáleností. Pro druhy hnízdicí na zemi (ground) (Df = 3, F = 13,265, P <0,001), v keřích (shrub) (Df = 3, F = 14,407, P <0,001), v dutinách (Cavity) (Df = 3, F = 10,304, P <0,001) a na stromech (Canopy) (Df = 3, F = 8,77, P <0,001). Pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání byly pro každou z hnízdních gild zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými vzdálenostmi (viz. **Obr. 8, Příloha 4**). Početnost druhů hnízdicích na zemi nejbliže dálnici byla signifikantně odlišná v porovnání s ostatními vzdálenostmi. Signifikantně menší početnost ptáků nejbliže dálnici byla zjištěna také pro druhy hnízdicí v keřích a na stromech, a to v porovnání se vzdálenostmi C a D (500 a 1000 m) (viz. **Obr. 8, Příloha 4**).

Tab. 11 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty hnízdních gild druhů ptáků v závislosti na intenzitě hluku.

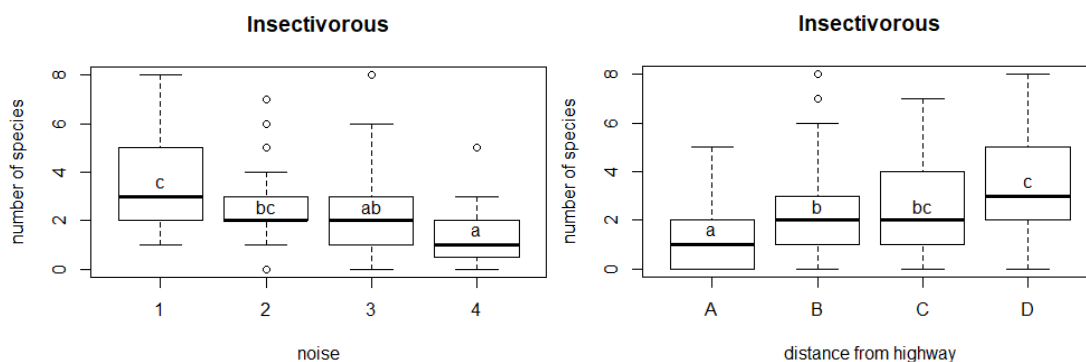
Nest guild	Variable	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	F value	Pr(>F)
Ground	water	6,99	6,99	1	8,31	0,004 **
	noise	14,28	14,28	1	16,99	<0,001 ***
Shrub	E2	17,27	17,27	1	19,31	<0,001 ***
	E3	14,28	14,28	1	15,97	<0,001 ***
	noise	33,80	33,80	1	37,80	<0,001 ***
Cavity	E3	16,52	16,52	1	21,00	<0,001 ***
	noise	8,68	8,68	1	11,04	0,001 **
Canopy	E3	5,45	5,45	1	9,99	0,002**
	noise	3,75	3,75	1	6,87	0,009 **

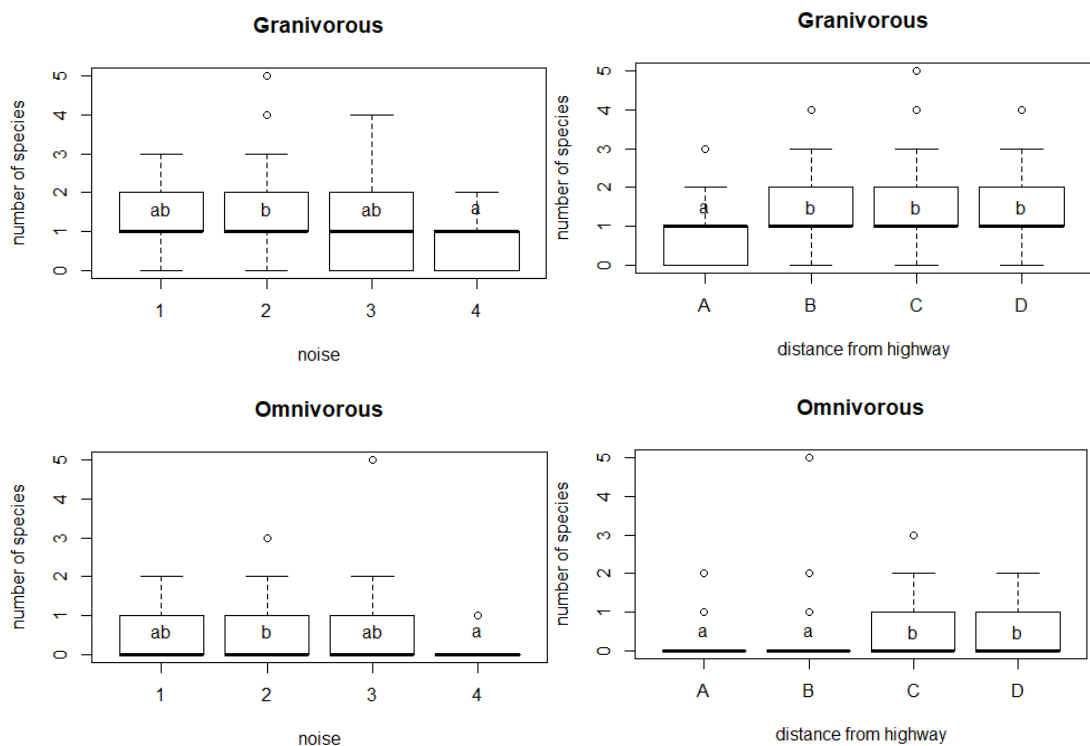
Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů hnízdících gild zjištěn signifikantní rozdíl mezi kategoriemi hluku. Pro druhy hnízdící na zemi ($Df = 3, F = 6,00, P < 0,001$), v keřích ($Df = 3, F = 7,54, P < 0,001$), v dutinách ($Df = 3, F = 3,15, P = 0,026$). Signifikantní rozdíl mezi kategoriemi hluku nebyl prokázán pouze pro druhy hnízdící na stromech. Významně odlišné byly počty druhů hnízdících v keřích mezi kategoriemi hluku nad 75 dB a v rozmezí 45-60 dB a do 45 dB (viz. **Příloha 4**).

V následující tabulce (**Tab. 12**) jsou uvedeny signifikantní faktory lineárního modelu se smíšenými efekty, ovlivňující počty druhů potravních gild v závislosti na vzdálenosti od dálnic. Jak je patrné i z **Obr. 9** u všech tří gild byl prokázán signifikantní vliv vzdálenosti od dálnice na početnost druhů ($< 0,001$). Masožravé druhy nebyly pro svou celkovou nízkou početnost vyhodnoceny. Závislosti počtu druhů potravních gild na vzdálenosti a dalších signifikantních proměnných jsou uvedeny v **Příloze 11**.

V následující tabulce (**Tab. 13**) jsou uvedeny signifikantní faktory lineárního modelu se smíšenými efekty, ovlivňující počty druhů potravních gild v závislosti na intenzitě hluku. Jak je patrné z **Obr. 9** u všech tří gild byl prokázán signifikantní vliv intenzity hluku na početnost druhů potravních gild ($< 0,001$). Masožravé druhy stejně jako v případě testování vlivu vzdálenosti nebyly pro svou celkovou nízkou početnost vyhodnoceny. Grafy závislosti počtu druhů potravních gild na intenzitě hluku a dalších signifikantních proměnných jsou uvedeny v **Příloze 12**.

Obr. 9 Vlevo: grafy počtu druhů podle potravních gild v závislosti na hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: grafy závislosti potravních gild na vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).





Tab. 12 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů podle potravních gild v závislosti na vzdálenosti.

Food guild	Variable	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	F value	Pr(>F)
Insectivorous	E2	20,29	20,29	1	9,76	0,002 **
	E3	146,65	146,65	1	70,55	<0,001 ***
	water	34,48	34,48	1	16,59	<0,001 ***
	distance	203,09	203,09	1	97,71	<0,001 ***
Granivorous	distance	28,30	28,30	1	35,12	<0,001 ***
Omnivorous	E3	4,16	4,16	1	9,86	0,002 **
	distance	10,27	10,27	1	24,36	<0,001 ***

Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů všech potravních gild zjištěn signifikantní rozdíl mezi vzdálenostními kategoriemi sčítacích čtverců (pro hmyzožravé Df = 3, F = 22,464, P <0,001, pro semenožravé Df = 3, F = 12,277, P <0,001, pro všežravé Df = 3, F = 6,505, P <0,001). Pro každou z potravních gild byly pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými vzdálenostmi. Početnost hmyzožravých druhů byla prokazatelně nižší nejbližše dálnici v porovnání s ostatními vzdálenostmi. **Příloha 4** také informuje o signifikantně nižší početnosti semenožravých a všežravých druhů nejbližše dálnici (A) oproti dvěma čtvercům umístěným nejdále (C, D).

Tab. 13 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty potravních gild druhů ptáků v závislosti na intenzitě hluku.

Food guild	Variable	Sum Sq	Mean Sq	Num DF	F value	Pr(>F)
Insectivorous	E2	12,27	12,27	1	6,17	0,013 *
	E3	75,13	75,13	1	37,77	<0,001 ***
	water	21,21	21,21	1	10,66	<0,001 ***
	noise	79,28	79,28	1	39,86	0,001 **
Granivorous	noise	10,25	10,25	1	13,26	<0,001 ***
Omnivorous	E3	6,55	6,55	1	13,81	<0,001 ***
	noise	3,53	3,53	1	7,44	0,007 **

Analýzou ANOVA byl pro početnost druhů všech potravních gild zjištěn signifikantní rozdíl mezi jednotlivými kategoriemi hluku. Pro hmyzožravé (Df = 3, F = 8,80, P < 0,001), pro semenožravé (Df = 3, F = 4,02, P = 0,008), pro všežravé (Df = 3, F = 3,845, P = 0,01). Každé z potravních gild byly pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání zjištěny průkazné rozdíly mezi jednotlivými intenzitami hluku (viz. **Příloha 4**). Početnost hmyzožravých druhů byla prokazatelně nižší při největší intenzitě hluku (nad 75 dB) v porovnání s intenzitami do 45 dB a v rozmezí 45-60 dB. Počty semenožravých a všežravých druhů se významně lišily pouze mezi čtverci s intenzitou hluku v rozmezí 45-60 dB a nejvyšším hlukovým zatížením (nad 75 dB).

Tab. 14 Souhrn počtu druhů zařazených do tří skupin v závislosti na vzdálenosti (A = 25 m, B = 125 m, C = 500 m, D = 1000 m).

Distance	Biotope [%]		Food guild [%]		Nest guild [%]			
	Farm.	Wood.	Insect.	Gran.	Ground	Shrub	Cavity	Canopy
A	47,6	66,7	56,8	53,3	44,4	58,3	66,7	68,8
B	76,2	73,3	70,3	66,7	72,2	75,0	83,3	68,8
C	95,2	83,3	97,3	93,3	116,7	83,3	100,0	87,5
D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Největší pokles počtu druhů podle biotopových preferencí (**Tab. 14**), byl zjištěn u druhů zemědělské krajiny. V porovnání s nejdále vzdálenými čtverci dosahoval jejich pokles více než 52 %. Pokles počtu lesních druhů činil pouze 34 %, avšak jejich nižší počty byly zaznamenány až do vzdálenosti C (500 m), což je naopak větší úbytek v porovnání s druhy zemědělské krajiny.

5 DISKUSE

Výsledky dat ze čtyř studovaných oblastí ČR potvrzují vliv vzdálenosti od dálnice na početnost druhů ptáků, přičemž počet druhů směrem od dálnice přibývá. Takový závěr je v souladu, s již dříve publikovanými studiemi ze zahraničí (Forman & Alexander 1998, Forman et al. 2002, Trombulak & Frissell 2000, Kuitunen et al. 2003, Polak et al. 2013, Wiacek et al. 2015a). Například Forman & Alexander (1998) uvádí, že v blízkosti nizozemských dálnic s otevřenou zemědělskou krajinou dochází ke snížení početnosti druhů o 60 %. Ve studovaných území předkládané práce byl zjištěn pokles početnosti druhů nejbliže dálnici o 41 %. V případě počtu zaznamenaných ptáků, byl zjištěn jejich pokles nejbliže dálnici až o 63 %. Forman & Alexander (1998) uvádí pro intenzitu dopravy do 10 000 voz/den vzdálenost ovlivnění lesních druhů i druhů zemědělské krajiny do 365 m od dálnice. Výzkum Formana et al. (2002) uvádí vzdálenost ovlivnění pro druhy zemědělské krajiny při intenzitách dopravy 15 000-30 000 voz/den až 700 m od dálnice. V případě vyšší intenzity dopravy než 30 000 voz/den uvádí vzdálenost vlivu dálnice na tyto druhy až na 1200 m (Forman et al. 2002). Na základě tohoto výzkumu, který dosahuje obdobných intenzit dopravy jako ve studovaných oblastech této práce, by měl být stanoven obdobný výsledek. Nicméně z výsledků vyplývá významné ovlivnění druhů zemědělské krajiny na vzdálenost 500 m. Tento výsledek může být ovlivněn různou intenzitou dopravy v různých částech úseků studovaných oblastí, např. dálnici D1(D1b) byly zjištěny hodnoty intenzit dopravy 10 000-15 000 voz/den, a naopak dálnici D1 (D1a) byly zjištěny hodnoty intenzity dopravy 40 000 voz/den.

Samotnou vzdálenost jako takovou nelze považovat za vliv. Přímý vliv dálnice je popisován intenzitou hluku, která koreluje se vzdáleností od dálnice. Z tohoto důvodu byla v této práci analyzována vzdálenost od dálnice a také intenzita hluku dálnice. Mnoho studií (Forman & Alexander 1998, Kuitunen et al. 1998, Slabbekoorn & Ripmeester 2008, Wiacek et al. 2015a) také uvádí hluk jako nejvýznamnější faktor ovlivňující ptačí společenstva poblíž dálnic.

Současně se vzdáleností a hlukem ovlivňovaly presenci druhů ptáků také další faktory, kterými byly pokryvnost stromů a keřů a presence vody. Stejně faktory ovlivňovaly celkovou početnost druhů. Pomocí Tukey testu mnohonásobného porovnání byly prokázány významně nižší počty druhů nejbližší dálnici v porovnání s ostatními vzdálenostmi. Dalším faktorem, který mohl ovlivnit početnost druhů mohla být odlišná nadmořská výška studovaných území. V případě této práce se nacházeli tři studované oblasti v nížinných lokalitách s podobnými nadmořskými výškami. Výjimkou byla pouze oblast dálnice D1a, která se nachází na Vysočině.

Z výsledků lineárního modelu se smíšenými efekty a následného Tukey testu mnohonásobného porovnání vyplývá, významný negativní vliv hluku na početnost druhů, kdy s rostoucí intenzitou hluku, klesá počet druhů. Tento výsledek je v souladu, s již zmiňovanými studiemi (Forman & Alexander 1998, Kuitunen et al. 1998, Slabbekoorn & Ripmeester 2008, Wiacek et al. 2015a), které uvádějí hluk jako faktor negativně ovlivňující početnost druhů ptáků v blízkosti rušných dopravních staveb. Forman & Alexander (1998) uvádí, že dochází k úbytku početnosti druhů s průměrnou intenzitou hluku od 42 dB pro lesní druhy a úbytku počtu druhů od 48 dB pro druhy zemědělské krajiny. Také Wiacek et al. (2015a), který zkoumal vliv silniční dopravy na lesní druhy ptáků potvrzuje, že intenzita hluku do 49 dB nijak významně neovlivňuje početnost druhů.

Dobré podmínky pro šíření hluku by měli být v nížinných oblastech jako například ve studovaném území dálnice D10 a D11. Naopak hluk by se měl hůře šířit v členitějším terénu s mozaikovitou strukturou krajiny jako je tomu například ve studované oblasti D1 na Vysočině (D1a). Tento předpoklad však vyvrací studovaná oblast D10, ve které 95 % čtverců mělo nejnižší hodnoty hluku (do 45 dB) a také oblast dálnice D1 na Vysočině (D1a) měla pouze 17 % čtverců, které nabývaly hodnotu hluku do 45 dB. Předpoklad dobrého šíření hluku splnila pouze nížinná oblast dálnice D11.

Z výsledků také vyplývá zvyšující se početnost lesních druhů i druhů zemědělské krajiny s rostoucí vzdáleností od dálnice. Počet druhů zemědělské krajiny zaznamenaných nejbližší dálnici poklesl o 52 %, v porovnání se čtverci umístěných nejdále dálnici. Oproti tomu, lesní druhy nezaznamenaly takový pokles jako druhy zemědělské krajiny. Porovnáním stejných vzdáleností klesly jejich počty pouze o 33 %. Obdobný výsledek byl zjištěn pro obě skupiny druhů v závislosti na hluku,

kdy byla nalezena významně nižší početnost druhů v kategorii s největší intenzitou hluku (nad 75 dB) oproti čtvercům s intenzitou hluku do 60 dB.

Některé druhy ptáků jsou schopny rušné dopravní komunikace tolerovat a záměrně se tak těmito hlučným místům nevyhýbají. V předkládané práci takovými druhy byly sýkora koňadra, budníček menší, pěnkava obecná a červenka obecná. Tito ptáci dosahovali nejvyšší početnosti ve vzdálenosti 125 m od dálnice.

Toleranci hlučného prostředí sýkorou koňadrou potvrzuje například Polak et al. (2013). Dle dalších studií (Slabbekoorn & Ripmeester 2008, Wiacek et al. 2015a) může být častější výskyt sýkory koňadry v blízkosti okrajů rušných liniových staveb podmíněn lepší potravní nabídkou. Jiná studie Morelli et al. (2015) dále uvádí pozitivní vliv dálnic také na drozda brávníka nebo budníčka horského. Dalšími návštěvníky hledající potravu jsou mrchožraví kondori nebo krkavec velký (Morelli et al. 2014).

Jak poznamenává Morelli et al. (2014), okraje dálnic s doprovodnou zelení mohou v jinak intenzivně zemědělsky využívané krajině, s absencí mezí, remízů, alejí a dalších ekologických prvků, zvyšovat heterogenitu prostředí a mohou tak stát atraktivním prostředím pro některé již zmiňované druhy ptáků.

Také Kuitunen et al. (1998), jež studoval vliv dálnic na ptačí společenstva v převážně zalesněných oblastech s intenzitami dopravy do 10 000 voz/den, potvrdil negativní vliv vzdálenosti na početnost ptáků v jejím okolí. Dále zmiňuje faktory, které mohly být příčinou tohoto negativního vlivu, uvádí například hlukové působení a antropogenní rušení nebo zvýšenou mortalitu způsobenou střety s vozidly. Ve svém dalším výzkumu Kuitunen et al. (2003) určuje střety s vozidly jako hlavní příčinu neúspěšného hnízdění lejska černohlavého v blízkém okolí dálnic.

Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty společně s Tukey testem mnohonásobného porovnání, prokázaly významný úbytek počtu hmyzožravých druhů s klesající vzdáleností od dálnice. Ovlivnění hmyzožravých druhů dosahovalo až do vzdálenosti 500 m. Největší úbytek počtu hmyzožravých druhů o 43 %, byl zaznamenán nejbliže dálnici. Významné rozdíly počtu hmyzožravých druhů byly prokázány také v závislosti na intenzitě hluku. Ptáci v menších počtech obsazovali sčítací čtverce s intenzitou hluku vyšší než 60 dB. Opačného výsledku bylo dosaženo ve studii Wiaceka et al. (2015a), která uvádí vyšší počet hmyzožravých druhů ptáků nejbliže pozemní komunikaci. V tomto případě zkoumanou lokalitu pokrýval lesní

porost. Příčinou vyššího počtu hmyzožravých druhů mohla být silnice vytvářející okrajový efekt s lepší potravní nabídkou. Intenzita dopravy zde dosahovala pouze do 10 000 voz/den, což je oproti hodnotám intenzit dopravy ve studovaných oblastech předkládané práce až čtyřikrát méně. S nižší intenzitou dopravy také souvisí nižší hodnoty hluku, které v práci Wiaceka et al. (2015a) byly také zaznamenány. Vyšší početnost hmyzožravých druhů mohla být také způsobena menší pravděpodobností střetu s vozidly. Z výsledků je patrný malý vliv vzdálenosti dálnice na semenožravé druhy. Významný je jejich úbytek nejbližší dálnici (A = 25 m). V ostatních vzdálenostech nebyly počty semenožravých ptáků ovlivněny. V případě porovnání hlukových kategorií byl zaznamenán úbytek počtu druhů pouze mezi čtverci s hodnotou hluku nad 75 dB a čtverci 45-60 dB. To je možné vysvětlit tím, že v otevřené krajině kolem dálnic je pro semenožravé druhy dostatečné množství zdrojů potravy a nejsou nuceni se vystavovat nejvyšším intenzitám hluku a bezprostřednímu rušení dopravou nebo riziku střetu s auty.

Se zvyšující se vzdáleností od dálnice byl zaznamenán významně vyšší počet druhů, které hnízdí na zemi. Na čtvercích umístěných nejbližší dálnici byl zjištěn významný pokles těchto druhů, který dosahoval až 56 %. Obdobný negativní vliv dopravy na druhy hnízdící na zemi uvádí ve své studii Polak et al. (2013). Nejvyšší počet druhů této gildy byl zaznamenán ve vzdálenosti C (500 m). Tento výsledek je v kontrastu s druhy ostatních gild, které byly nejvíce početné ve čtvercích nejdále od dálnice (D = 1000 m).

Významný rozdíl v početnosti byl pozorován také u dutinových druhů, a to ve vzdálenosti nejbližší dálnici v porovnání se vzdálenostmi C (500 m) a D (1000 m). Úbytek počtu dutinových druhů byl pozorován pouze ve vzdálenostech A (25 m) a B (125 m) a to o 34 % respektive o 17 %.

Mimo faktor vzdálenosti ovlivňovala druhy hnízdních gild také pokryvnost stromů. Pokryvnost mohla mít vliv především na početnost dutinových druhů a druhů hnízdních na stromech. Musilová (2009) uvádí, že nižší počet dutinových druhů, může být v okolí dálnice, způsoben absencí starých stromů, které jsou ke hnízdění vhodné. Staré stromy byly pravděpodobně odstraněny během samotné výstavby dálnice. Pokryvnost stromů a přítomnost druhů obývajících dutiny a koruny stromů mohla být také ovlivněna nedávno dokončenými studovanými částmi úseků dálnic D11 a D1b. Z tohoto důvodu může být okolí dálnic pokryto mladým porostem stromů a keřů.

Počty druhů hnízdících na stromech v této práci se výrazně lišily mezi vzdálenostmi A (25 m) a C (500 m) a D (1000 m). Zároveň se počty těchto druhů významně nelišily mezi jednotlivými kategoriemi hluku. Intenzita hluku na sčítacích čtvercích nad 60 dB ovlivňovala významně početnost druhů hnízdících v keřích v porovnání se čtverci s hodnotami hluku do 45 dB.

ZÁVĚR

Ve vybraných územích dálnic D1, D10 a D11 byly v hnízdních sezonách provedeny vždy dvojce sčítání ptáků. V těchto územích bylo dohromady vytyčeno 79 transektů s 298 sčítacími čtverci. Každý transekt obsahoval 4 sčítací čtverce o rozměrech 50x50 m ve vzdálenostech od vozovky dálnice 25 m, 125 ± 50 m, 500 ± 100 m a 1000 ± 100 m. Výjimkou byly transekty ve studované oblasti dálnice D1 na Vysočině, které obsahovaly vždy 3 sčítací čtverce (25 m, 500 m, 1000 m). Každý sčítací čtverec byl popsán z hlediska biotopových charakteristik (přítomnost vody, pokryvnost keřů a stromů, vzdálenost od lesa a obce atd.).

Ve studovaných oblastech bylo celkově zjištěno 1266 záznamů ptáků, patřících 74 druhům. Nejčastěji pozorovaným druhem byl strnad obecný a sýkora koňadra.

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí lineárního modelu se smíšenými efekty v programu R 4.0.3. a prokázalo negativní vliv vzdálenosti od dálnice na početnost druhů. Dalšími hlavními faktory ovlivňující početnost druhů současně se vzdáleností byly pokryvnost keřů, stromů a přítomnost vody. Početnost druhů tedy významně klesala s rostoucí intenzitou hluku.

Druhy zemědělské krajiny jsou v porovnání s lesními druhy ovlivněny dálnicí na větší vzdálenost. Významné ovlivnění počtu druhů zemědělské krajiny dosahuje až do 500 m od dálnice. Obdobný výsledek byl pro druhy zařazené podle biotopových preferencí nalezen také v závislosti na intenzitě hluku.

Pokud porovnáme druhy podle jejich zařazení do potravních gild tak zjistíme, že semenožravé druhy se významně nevyskytovaly na čtvercích umístěných nejbližší dálnici. Výskyt hmyzožravých druhů byl významně ovlivněn až na vzdálenost 500 m od dálnice. Hmyzožravé druhy byly také významně více citlivé na hluk než druhy semenožravé. Velký úbytek počtu druhů byl zjištěn na sčítacích čtvercích s nejvyšší intenzitou hluku (nad 75 dB), v porovnání se čtverci s intenzitou hluku do 45 dB.

Zařazením ptáků do hnízdních gild byl zjištěn významný negativní vliv hluku na druhy hnízdící v keřích. Jejich početnost byla významně nižší na čtvercích s nejvyšší intenzitou hluku (nad 75 dB) ve srovnání se čtverci s nejnižšími hodnotami hluku (do 45 dB). Porovnáním hlukových kategorií nebyl nalezen významný rozdíl v početnosti druhů hnízdících na stromech. Lze tedy říct, že intenzita hluku na tyto

ptáky nemá významný vliv. Dutinové druhy byly dálnicí negativně ovlivněny až do vzdálenosti 1000 m.

V práci byl vyhodnocen vliv vzdálenosti a hluku na početnost druhů ptáků ve vybraných území čtyř dálnic v ČR. Pro faktory vzdálenosti od dálnice a hluku byla nalezena silná korelace. Pro oba faktory byl vytvořen samostatný model zkoumající jejich vliv na početnost druhů. Porovnáním výsledků obou modelů bylo zjištěno, že vzdálenost od dálnice lépe popisuje vliv na početnost druhů ptáků. Hodnoty hluku však přímo popisují ovlivnění počtu druhů v daném území. Pro průkaznější vliv zatížení hluku na ptačí společenstva, by bylo potřeba měřit hluk na každém sčítacím čtverci. V budoucnu by bylo také vhodné práci rozšířit o analýzu vlivu nadmořské výšky studované oblasti na početnost druhů ptáků.

POUŽITÁ LITERATURA

ALQUEZAR D.R. & MACEDO H.R., 2019: Airport noise wildlife conservation: What are we missing? *Perspectives in ecology and conservation*, 17, 163-171.

ANDĚL P., GORČINCOVÁ I., HLAVÁČ V., MIKO L. & ANDĚLOVÁ H., 2005: Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. *Metodická příručka, AOPK ČR Praha*, 1-67.

ANDĚL P. & HLAVÁČ V., 2008: Automobilová doprava a mortalita obratlovců. *Ochrana přírody* 5, 19-21.

BIBBY C.J., BURGESS N.D. & HILL D.A., 1992: Bird census techniques. Academic Press, London. ISBN 0120958317.

BOVES J.T. & BELTHOFF R. J., 2012: Road mortality of barn owls in Idaho USA. *The Journal of Wildlife Management*, 76(7), 1381-1392, DOI: 10.1002/jwmg.378.

BERCHOVÁ-BÍMOVÁ K., ČERVENÝ J., KADLECOVÁ M., KOPECKÝ M., PATOKA J., PECHAROVÁ E., PETRUS D., SIMON O., VARDARMAN J. & VOJÍK M., 2019: Monitoring ohrožení zájmových lokalit invazními nepůvodními druhy – *Metodika MŽP, Lesnická Práce, Kostelec n. Č. lesy*.

CENIA, ©2019: Česká informační agentura životního prostředí (online) [cit. 2020.06.11], dostupné z <<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>>.

CÉZA V., ČERMÁKOVÁ E., KOCHOVÁ T., MERTL J., POKORNÝ J., PŘECH J., ROLLEROVÁ M. & VLČKOVÁ V., © 2018: Zpráva o životním prostředí České republiky 2018, Ministerstvo životního prostředí, Praha: CENIA, Česká informační agentura životního prostředí, 2-337, ISBN 978-80-87770-79-5.

ČESKÉ DÁLNIČE, ©2019: Dálnice D11 (online) [cit. 2020.05.26], dostupné z <<http://www.ceskedalnice.cz/dalnice/d11/>>.

ČHMU, © 2020: Mapy charakteristik klimatu (online) [cit. 2020.05.24], dostupné z <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>>.

DOMINONI D. M.M, GREIF S., NEMETH E. & BRUMM H., 2016: Airport noise predicts song timing of European birds, *Ecology and evolution*, 6(17), 6151-6159, doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.2357>.

FORMAN R.T.T., & ALEXANDER L.E., 1998: Roads and their major ecological effects, *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, 207-231, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>.

FORMAN R.T.T. & DEBLINGER R.D., 2000: The ecological road-effect zone of Massachusetts (U.S.A.) Suburban highway, *Conservation Biology*, 14(1), 36-46.

- FORMAN R.T.T., REINEKING B. & HERSPERGER A.M. 2002: Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. *Environmental Management* 29: 782-800.
- GODIN A.J., 1994: Birds at airports. *The handbook: Prevention and control of wildlife damage, 1-4.*
- HLAVÁČ V. & ANĐĚL P., 2001: Metodická příručka k zajišťování průchodnosti dálničních komunikací pro volně žijící živočichy. AOPK ČR Praha, 1-51. ISBN 80-86064-60-3.
- HLAVÁČ V. & ANĐĚL P., 2008: Mosty přes vodní toky – ekologické aspekty a požadavky. Metodická příručka, Krajský úřad kraje Vysočina, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 1-27. ISBN: 978-80-87051-40-5.
- CHOBOT K. & NĚMEC M., 2017: Červený seznam ohrožených druhů České republiky obratlovců, Červený seznam ptáků České republiky. *Příroda* 34, 107-154.
- INJAIAN A., GONZALEZ-GOMEZ P.L., TAFF C.C., BIRD A.K., ZIUR A., PATRICELLI G.L., HAUSSMANN M.F. & WINGFIELD J.C., 2019: Traffic noise exposure alters nestling physiology and telomere attrition through direct, but not maternal, effects in a free-living bird. *General and Comparative Endocrinology* 276, 14-21, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2019.02.017>.
- IUELL B., BEKKER G.J., CUPERUS R., DUFEK J., FRY G., HICKS C., HLAVÁČ V., KELLER V., ROSELL C., SANGWINE T., TØRSLØY N. & WANDALL B. LE MAIRE, 2003: Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure, Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions, 1-172.
- JANKOVSKÝ M. & ČECH M., 2008: Železniční doprava a fauna v okolí tratě. *Živa* 3, 136.
- KEKEN Z., JEŽEK M. & KUŠTA T., 2011: Vliv silnic a silniční dopravy na životní prostředí a definování plochy přímého impaktu, *Acta Pruhoniana* 99, 183–188.
- KOSICKI Z.J., 2020: Anthropogenic activity expressed as artificial light at night improves predictive density distribution in bird populations. *Ecological Complexity* 41, 1-10.
- KUITUNEN M., ROSSI E. & STENROOS A., 1998: Do highways influence density of land birds? *Environmental Management* 22, 297-302.
- KUITUNEN M., VILJANEN J., ROSSI E. & STENROOS A., 2003: Impact of Busy Roads on Breeding Success in Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*. *Environmental Management* 31, 0079–0085.

MARŠÁLKOVÁ K., 2012: Vliv dálnice na ptačí společenstva. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 46 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

MAYER J., 2009: Protihlukové stěny nemusí přinášet smrt. *Ptačí svět* 16(2), 20.

MZ ČR, ©2017: Ministerstvo zdravotnictví ČR: Hlukové mapy 2017 (online). [cit. 2020.10.13], dostupné z <<https://geoportal.mzcr.cz/SHM2017/>>.

MORELLI, F., BEIM M., JERZAK L., JONES D. & TRYJANOWSKI P., 2014: Can roads, railways and related structures have positive effects on birds? – A review, *Transportation Research Part D* 30, 21-31. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.05.006>.

MORELLI F., JERZAK L., PRUSCINI F., SANTOLINI R., BENEDETTI Y. & TRYJANOWSKI P., 2015: Testing bird response to roads on rural environment: A case study from Central Italy, *Acta Oecologica*, 69, 146-152, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2015.10.006>.

MUSILOVÁ E., 2009: Vliv dálnice na ptačí společenstva. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 23 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

POLAK M., WIACEK J., KUCHARCZYK M. & ORZECZOWSKI R., 2013: The effect of road traffic on breeding community of woodland birds, *Eur J Forest Res*, 132, 931-941, doi: 10.1007/s10342-013-0732-z.

POPRAK K., 2008: Sova pálená. TYTO, Nenakonice.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, ©2016: Celostátní sčítání dopravy 2016. (online) [cit. 2020.05.26], dostupné z <<https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/Scitani-dopravy>>.

Ředitelství silnic a dálnic ČR, ©2020: Dálniční síť 2020. (online) [cit. 2020.05.26], dostupné z <<https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/mapy>>.

SLABBEKOORN H. & RIPMEESTER E.A.P., 2008: Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation, *Molecular Ecology* 17, 72-83.

SODHI N. S., 2002: Competition in the air: birds versus aircraft, *Journal of ornithology* 119(3), 587-595, doi: <https://doi.org/10.1093/auk/119.3.587>.

SMOLOVÁ I., Soustava Česká tabule, 1-5. (online) [cit. 2020.08.21], dostupné z <https://geography.upol.cz/soubory/lide/smolova/GCR1/text_ceska%20tabule.pdf>.

STRNAD M. & BÍLÁ H., 2015: Metodika na ochranu krajiny před fragmentací z hlediska ptáků [online]. 73-91 [cit. 2020.04.14], dostupné z <<http://www.ochranaprirody.cz/res/archive/367/055517.pdf?seek=1503316804>>.

ŠŤASTNÝ P., 2011: Ovlivnění ptačích společenstev vysokorychlostní komunikací. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha. 43 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. SIC ČZU v Praze.

TROMBULAK S.C. & FRISSELL CH.A., 2000: Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities, *Conservation Biology* 14(1), 18–30, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>.

ÚHUL, © 2019: Ústav pro hospodářskou úpravu lesa: Smíšenost v porostech 2019 (online) [cit. 2020.10.23], dostupné z <<http://geoportal.uhul.cz/mapy/mapylhpovyst.html>>.

VAN DER ZANDE A.N., TER KEURS W.J. & VAN DER WEIJDEN W.J., 1980: The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a long-distance effect. *Biological Conservation* 18, 299-321, [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(80\)90006-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(80)90006-3).

VIKTORA L. & DOLEJSKÝ V., 2015: Kolize ptáků s transparentními a reflexními plochami, hlavní zásady prevence, *Česká společnost ornitologická*, 1-16. ISBN: 978-80-87572-09-2.

VOŘÍŠEK P., KLVAŇOVÁ A., BRINKE T., CEPÁK J., FLOUSEK J., HORA J., REIF J., ŠŤASTNÝ K. & VERMOUZEK Z., 2009: Stav ptactva České republiky, *Sylvia* 45, 1-38.

WIACEK J., POLAK M., KUCHARCZYK M. & BOHATKIEWICZ J., 2015a: The influence of road traffic on birds during autumn period: Implications for planning and management of road network, *Landscape and Urban Planning* 134, 76-82, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.016>.

WIACEK J., POLAK M., FILIPIUK M., KUCHARCZYK M. & BOHATKIEWICZ J., 2015b: Do Birds Avoid Railroads as Has Been Found for Roads? *Environmental Management* 56, 643–652, <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0528-7>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Umístění všech čtyř studovaných oblastí v rámci České republiky (Ředitelství silnic a dálnic ČR ©2020). Černý obdélník (Musilová 2009), zelený obdélník (Šťastný 2011), modrý obdélník (Maršálková 2012), červený obdélník (Autor).....	22
Obr. 2 Graf zobrazující procentuální zastoupení hladin hluku v jednotlivých vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	26
Obr. 3 Schéma designu pokusu.	27
Obr. 4 Vzorové umístění sčítacích čtverců na vybrané lokalitě.....	28
Obr. 5 Porovnání početností druhů pocházejících ze všech čtyř studovaných lokalit	32
Obr. 6 Vlevo: Graf závislosti počtu druhů na hluku produkovaného dálnicí (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: Graf závislosti počtu druhů na vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	36
Obr. 7 Vlevo: Grafy počtu druhů podle jejich biotopových preferencí v závislosti na intenzitě hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: Grafy závislosti počtu druhů zemědělské krajiny a lesních druhů na vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	38
Obr. 8 Vlevo: grafy počtu druhů podle hnízdních gild v závislosti na hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: grafy závislosti hnízdních gild na vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	40
Obr. 9 Vlevo: grafy počtu druhů podle potravních gild v závislosti na hluku (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB). Vpravo: grafy závislosti potravních gild na vzdálenostech od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	42

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Základní přehled o jednotlivých studovaných lokalitách.	22
Tab. 2 Přehled počtu druhů a záznamů ptáků v rámci studovaných lokalit.....	32
Tab. 3 Přehled zjišťovaných údajů v jednotlivých vzdálenostech od dálnice zaznamenaných ve všech čtyřech studovaných oblastech (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).	33
Tab. 4 Přehled zjišťovaných údajů podle intervalů intezity hluku zaznamenaných ve třech studovaných (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).	33
Tab. 5 Presence jednotlivých druhů na sledovaných čtvercích (procento obsazených čtverců) podle vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m) ze všech čtyř studovaných oblastí.	34
Tab. 6 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty zjištěných druhů ptáků v jednotlivých čtvercích v závislosti na vzdálenosti.	36
Tab. 7 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů v závislosti na intenzitě hluku.	37
Tab. 8 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů ptáků zařazených podle biotopových preferencí.....	38
Tab. 9 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro druhy zemědělské krajiny a lesní druhy v závislosti na intenzitě hluku.	39
Tab. 10 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů hnízdních gild.	41
Tab. 11 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty hnízdních gild druhů ptáků v závislosti na intenzitě hluku.	41
Tab. 12 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty pro počty druhů podle potravních gild v závislosti na vzdálenosti.	43
Tab. 13 Výsledky lineárního modelu se smíšenými efekty potravních gild druhů ptáků v závislosti na intenzitě hluku.	44
Tab. 14 Souhrn počtu druhů zařazených do tří skupin v závislosti na vzdálenosti (A = 25 m, B = 125 m, C = 500 m, D = 1000 m).	44

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Zařazení zaznamenaných druhů ptáků ve všech čtyřech studovaných oblastí dle biotopových preferencí (Biotop), potravních (Food g.) a hnízdních gild (Nest g.) a označení skupiny druhů zařazených do Červeného seznamu ptáků ČR (R.L.) (EN - ohrožený, VU –zranitelný, NT – téměř ohrožený, LC – málo dotčený).....	59
Příloha 2 Presence jednotlivých druhů na sledovaných čtvercích (procento obsazených čtverců) podle vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m) ve studované oblasti dálnice D11.	61
Příloha 3 Výsledky Tukey testu mnohonásobného porovnání pro počet druhů v závislosti na studované oblasti dálnice.	63
Příloha 4 Výsledky Tukey testu mnohonásobného porovnání.....	63
Příloha 5 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující celkový počet druhů v závislosti na vzdálenosti.....	67
Příloha 6 Grafy významných faktorů ovlivňující celkové počty druhů v závislosti na hluku.....	67
Příloha 7 Signifikantní faktory ovlivňující počet druhů dle biotopových charakteristik.	68
Příloha 8 Signifikantní faktory ovlivňující počet druhů dle biotopových charakteristik.	69
Příloha 9 Grafy faktorů ovlivňující počty druhů hnízdních gild.....	70
Příloha 10 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující počty druhů hnízdních gild.....	71
Příloha 11 Grafy faktorů ovlivňující počty druhů potravních gild.	73
Příloha 12 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující druhy potravních gild.	74
Příloha 13 Studované území s rozmístěním sčítacích čtverců.	75

Příloha 1 Zařazení zaznamenaných druhů ptáků ve všech čtyřech studovaných oblastí dle biotopových preferencí (Biotop), potravních (Food g.) a hnízdních gild (Nest g.) a označení skupiny druhů zařazených do Červeného seznamu ptáků ČR (R.L.) (EN – ohrožený, VU – zranitelný, NT – téměř ohrožený, LC – málo dotčený).

Species	R.L.	Biotop	Food g.	Nest g.
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	VU	Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Acrocephalus palustris</i>		Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>		Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>		Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Aegithalos caudatus</i>		Woodland	Insectivorous	Canopy
<i>Alauda arvensis</i>		Farmland	Insectivorous	Ground
<i>Anas platyrhynchos</i>		Wetland	Omnivorous	Ground
<i>Anthus pratensis</i>	LC	Farmland	Insectivorous	Ground
<i>Anthus trivialis</i>		Woodland	Insectivorous	Ground
<i>Buteo buteo</i>		Farmland	Carnivorous	Canopy
<i>Carduelis cannabina</i>		Farmland	Granivorous	Canopy
<i>Carduelis carduelis</i>		Farmland	Granivorous	Canopy
<i>Carduelis chloris</i>		Farmland	Granivorous	Canopy
<i>Certhia brachydactyla</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Certhia familiaris</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Circus aeruginosus</i>	VU	Wetland	Carnivorous	Ground
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>		Woodland	Granivorous	Canopy
<i>Columba livia</i>		Synanthropic	Granivorous	Canopy
<i>Columba palumbus</i>		Woodland	Granivorous	Canopy
<i>Corvus cornix</i>		Woodland	Omnivorous	Canopy
<i>Coturnix coturnix</i>	NT	Farmland	Granivorous	Ground
<i>Cuculus canorus</i>		General	Insectivorous	Other
<i>Dendrocopos major</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Dryocopus martius</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Emberiza calandra</i>	VU	Farmland	Granivorous	Ground
<i>Emberiza citrinella</i>		Farmland	Granivorous	Ground
<i>Emberiza schoeniclus</i>		Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Erithacus rubecula</i>		Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Falco tinnunculus</i>		Farmland	Carnivorous	Canopy
<i>Fringilla coelebs</i>		Woodland	Granivorous	Canopy
<i>Garrulus glandarius</i>		Woodland	Omnivorous	Canopy
<i>Hippolais icterina</i>		Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Jynx torquilla</i>	VU	Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Lanius collurio</i>	NT	Farmland	Insectivorous	Shrub
<i>Lanius excubitor</i>	VU	Farmland	Insectivorous	Shrub
<i>Leiopicus medius</i>	VU	Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Locustella fluviatilis</i>		Wetland	Insectivorous	Ground
<i>Locustella naevia</i>		Wetland	Insectivorous	Ground

Species	R.L.	Biotop	Food g.	Nest g.
<i>Luscinia megarhynchos</i>	LC	Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Motacilla alba</i>		Synanthropic	Insectivorous	Ground
<i>Motacilla flava</i>	VU	Farmland	Insectivorous	Ground
<i>Muscicapa striata</i>		Woodland	Insectivorous	Canopy
<i>Parus ater</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Parus caeruleus</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Parus major</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Parus montanus</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Parus palustris</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Passer domesticus</i>		Synanthropic	Granivorous	Other
<i>Passer montanus</i>		Farmland	Granivorous	Cavity
<i>Perdix perdix</i>	NT	Farmland	Granivorous	Ground
<i>Phasianus colchicus</i>		Farmland	Granivorous	Ground
<i>Phoenicurus ochruros</i>		Synanthropic	Insectivorous	Other
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Phylloscopus collybita</i>		Woodland	Insectivorous	Ground
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>		Woodland	Insectivorous	Ground
<i>Phylloscopus trochilus</i>		Woodland	Insectivorous	Ground
<i>Pica pica</i>		Farmland	Omnivorous	Canopy
<i>Picus viridis</i>	LC	Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Prunella modularis</i>		Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Saxicola rubetra</i>	LC	Farmland	Insectivorous	Ground
<i>Serinus serinus</i>		Synanthropic	Granivorous	Canopy
<i>Sita europaea</i>		Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Streptopelia turtur</i>		Farmland	Granivorous	Canopy
<i>Sturnus vulgaris</i>		Woodland	Omnivorous	Cavity
<i>Sylvia atricapilla</i>		Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Sylvia borin</i>		Farmland	Insectivorous	Shrub
<i>Sylvia communis</i>		Farmland	Insectivorous	Shrub
<i>Sylvia curruca</i>		Farmland	Insectivorous	Shrub
<i>Troglodytes troglodytes</i>		Woodland	Insectivorous	Shrub
<i>Turdus merula</i>		Woodland	Omnivorous	Shrub
<i>Turdus philomelos</i>		Woodland	Omnivorous	Canopy
<i>Turdus pilaris</i>		Woodland	Omnivorous	Canopy
<i>Upupa epops</i>	EN	Woodland	Insectivorous	Cavity
<i>Vanellus vanellus</i>	VU	Wetland	Insectivorous	Ground

Příloha 2 Presence jednotlivých druhů na sledovaných čtvercích (procento obsazených čtverců) podle vzdálenosti od dálnice (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m) ve studované oblasti dálnice D11.

Species	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Σ [%]
<i>Emberiza citrinella</i>	40	55	60	55	52,5
<i>Parus major</i>	35	55	40	55	46,3
<i>Sylvia atricapilla</i>	20	40	50	50	40,0
<i>Turdus merula</i>	25	25	30	65	36,3
<i>Phylloscopus collybita</i>	20	40	45	20	31,3
<i>Sylvia communis</i>	25	20	30	45	30,0
<i>Passer montanus</i>	25	30	25	35	28,8
<i>Fringilla coelebs</i>	20	35	15	35	26,3
<i>Acrocephalus palustris</i>	15	15	30	30	22,5
<i>Sylvia curruca</i>	5	25	15	30	18,8
<i>Erithacus rubecula</i>	10	20	15	15	15,0
<i>Parus caeruleus</i>	5	10	20	25	15,0
<i>Columba palumbus</i>	0	5	25	25	13,8
<i>Luscinia megarhynchos</i>	5	5	15	30	13,8
<i>Sturnus vulgaris</i>	10	5	10	20	11,3
<i>Alauda arvensis</i>	0	5	25	10	10,0
<i>Carduelis carduelis</i>	15	10	5	5	8,8
<i>Lanius collurio</i>	0	10	5	20	8,8
<i>Emberiza calandra</i>	0	10	10	10	7,5
<i>Buteo buteo</i>	0	5	5	15	6,3
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	5	5	10	5	6,3
<i>Phasianus colchicus</i>	0	5	10	10	6,3
<i>Turdus philomelos</i>	5	10	10	0	6,3
<i>Dendrocopos major</i>	10	5	5	0	5,0
<i>Garrulus glandarius</i>	5	5	0	10	5,0
<i>Motacilla alba</i>	0	5	5	10	5,0
<i>Hippolais icterina</i>	0	5	5	5	3,8
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0	0	10	5	3,8
<i>Pica pica</i>	0	0	10	5	3,8
<i>Passer domesticus</i>	0	0	0	15	3,8
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	0	0	5	5	2,5
<i>Cuculus canorus</i>	0	0	0	10	2,5
<i>Emberiza schoeniclus</i>	0	0	5	5	2,5
<i>Falco tinnunculus</i>	0	0	5	5	2,5
<i>Jynx torquilla</i>	0	5	5	0	2,5
<i>Lanius excubitor</i>	0	5	0	5	2,5
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	5	0	5	0	2,5
<i>Sylvia borin</i>	0	0	5	5	2,5
<i>Troglodytes troglodytes</i>	0	0	5	5	2,5
<i>Vanellus vanellus</i>	0	0	0	10	2,5

Species	A [%]	B [%]	C [%]	D [%]	Σ [%]
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Aegithalos caudatus</i>	5	0	0	0	1,3
<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Coturnix coturnix</i>	0	0	0	5	1,3
<i>Dryocopus martius</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Leiopicus medius</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Locustella fluviatilis</i>	0	5	0	0	1,3
<i>Locustella naevia</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Muscicapa striata</i>	0	0	0	5	1,3
<i>Perdix perdix</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Phoenicurus ochruros</i>	5	0	0	0	1,3
<i>Saxicola rubetra</i>	0	0	5	0	1,3
<i>Serinus serinus</i>	0	5	0	0	1,3

Příloha 3 Výsledky Tukey testu mnohonásobného porovnání pro počet druhů v závislosti na studované oblasti dálnice.

Tukey contrasts	P
D11-D10	<0,001
D1a-D10	0,025
D1b-D10	<0,001
D1a-D11	0,108
D1b-D11	<0,001
D1b-D1a	0,091

Příloha 4 Výsledky Tukey testu mnohonásobného porovnání.

Rozdíly mezi vzdálenostními kategoriemi pro celkový počet druhů (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Tukey contrasts	P
B-A	<0,001
C-A	<0,001
D-A	<0,001
C-B	0,108
D-B	<0,001
D-C	0,091

Rozdíly mezi kategoriemi hluku pro celkový počet druhů (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).

Tukey contrasts	P
2-1	0,822
3-1	0,034
4-1	<0,001
3-2	0,039
4-2	<0,001
4-3	0,011

Rozdíly mezi vzdálenostními kategoriemi pro počet druhů dle biotopových preferencí (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Tukey contrast	Farmland	Woodland
	P	P
B-A	0,007	0,008
C-A	<0,001	<0,001
D-A	<0,001	<0,001
C-B	0,098	0,979
D-B	0,002	0,175
D-C	0,521	0,291

Rozdíly mezi kategoriemi hluku pro počet druhů dle biotopových preferencí (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).

Tukey contrast	Farmland	Woodland
	P	P
2-1	0,995	0,765
3-1	0,107	0,430
4-1	0,006	0,008
3-2	0,02	0,859
4-2	<0,001	0,012
4-3	0,365	0,078

Rozdíly mezi vzdálenostními kategoriemi pro počet druhů hnízdních gild (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Tukey contrasts	Ground	Shrub	Cavity	Canopy
	P	P	P	P
B-A	0,002	0,078	0,093	0,115
C-A	<0,001	<0,001	0,114	<0,001
D-A	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C-B	0,365	0,548	0,995	0,203
D-B	0,659	0,002	0,026	0,284
D-C	0,956	0,072	0,007	0,997

Rozdíly mezi kategoriemi hluku pro počet druhů hnízdních gild (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).

Tukey contrasts	Ground	Shrub	Cavity	Canopy
	P	P	P	P
2-1	0,949	0,324	0,971	0,999
3-1	0,568	0,019	0,728	0,964
4-1	0,055	<0,001	0,06	0,281
3-2	0,047	0,288	0,829	0,93
4-2	<0,001	0,002	0,029	0,103
4-3	0,282	0,146	0,171	0,293

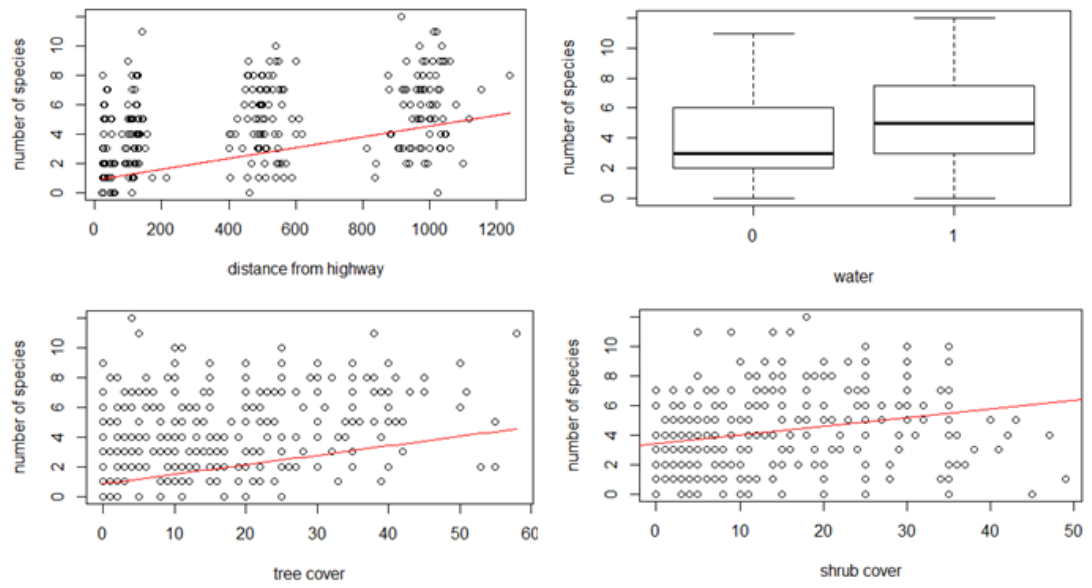
Rozdíly mezi vzdálenostními kategoriemi pro počet druhů potravní gild (A: 25 m, B: 125 m, C: 500 m, D: 1000 m).

Tukey contrasts	Insectivorous	Granivorous	Omnivorous
	P	P	P
B-A	<0,001	0,009	0,893
C-A	<0,001	<0,001	0,004
D-A	<0,001	<0,001	0,002
C-B	0,78	0,632	0,06
D-B	0,002	0,142	0,045
D-C	0,028	0,738	0,999

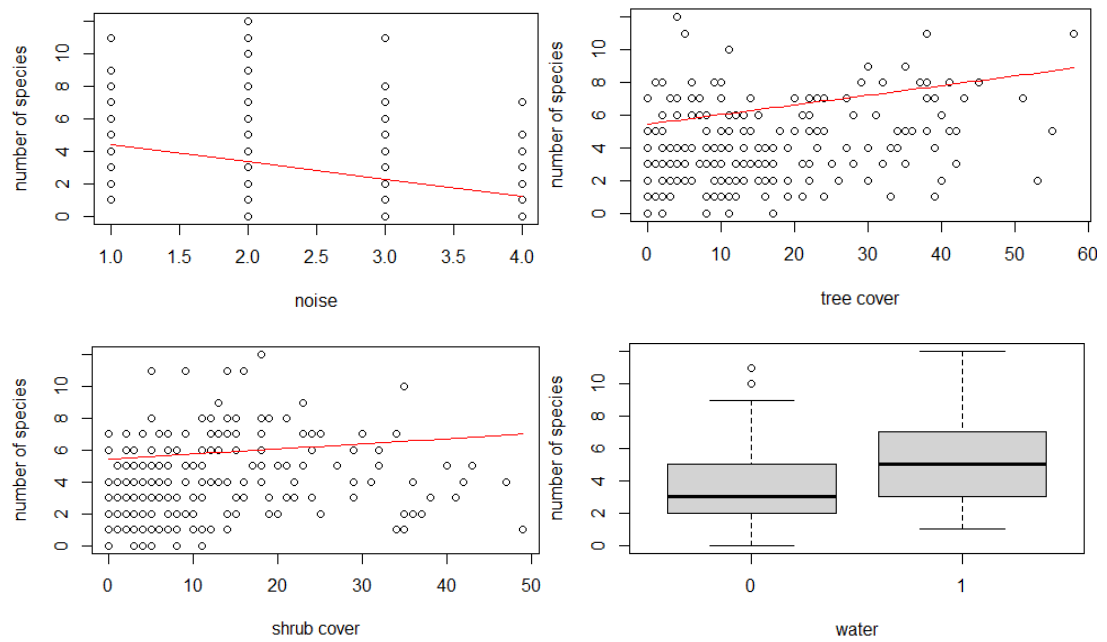
Rozdíly mezi kategoriemi hluku pro počet druhů potravní gild (1: do 45 dB, 2: 45-60 dB, 3: 60-75 dB, 4: nad 75 dB).

Tukey contrasts	Insectivorous	Granivorous	Omnivorous
	P	P	P
2-1	0,24	0,998	0,718
3-1	0,005	0,931	0,999
4-1	<0,001	0,077	0,367
3-2	0,144	0,689	0,343
4-2	0,001	0,005	0,005
4-3	0,187	0,075	0,204

Příloha 5 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující celkový počet druhů v závislosti na vzdálenosti.

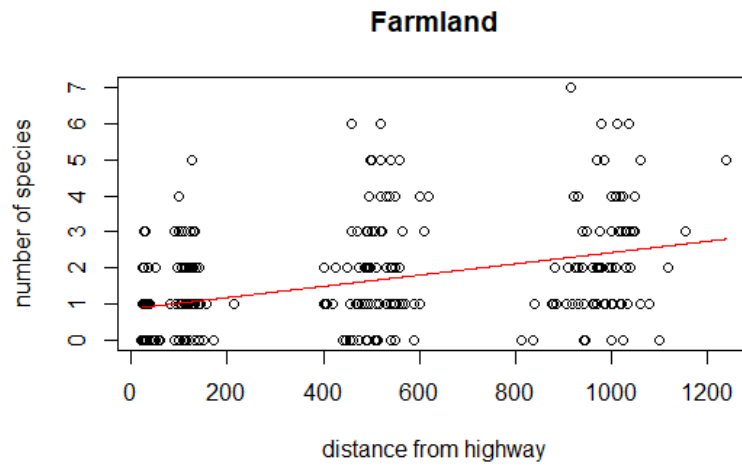


Příloha 6 Grafy významných faktorů ovlivňující celkové počty druhů v závislosti na hluku.

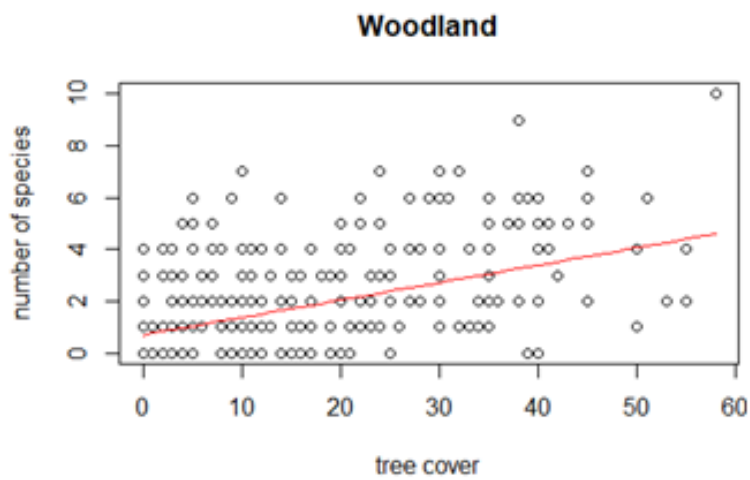
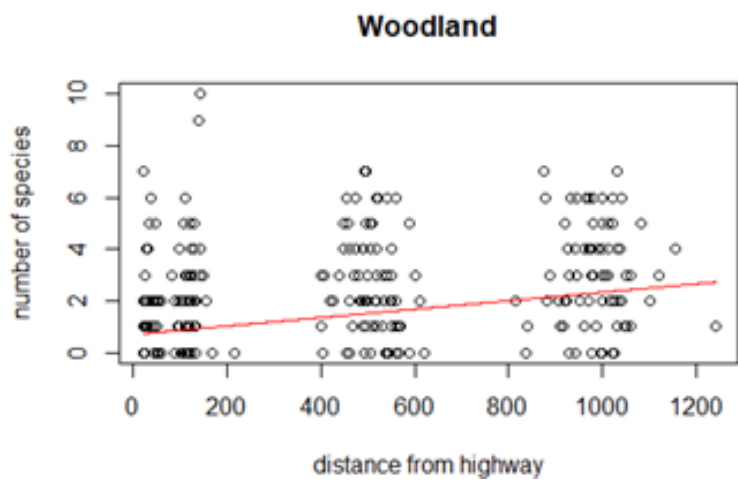


Příloha 7 Signifikantní faktory ovlivňující počet druhů dle biotopových charakteristik.

Vliv vzdálenosti na počet druhů zemědělské krajiny.

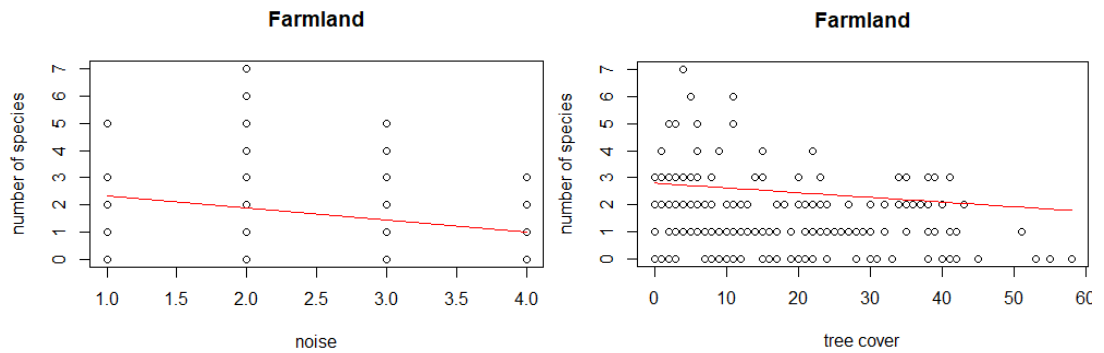


Grafy závislosti počtu lesních druhů na vzdálenosti a pokryvnosti stromů.

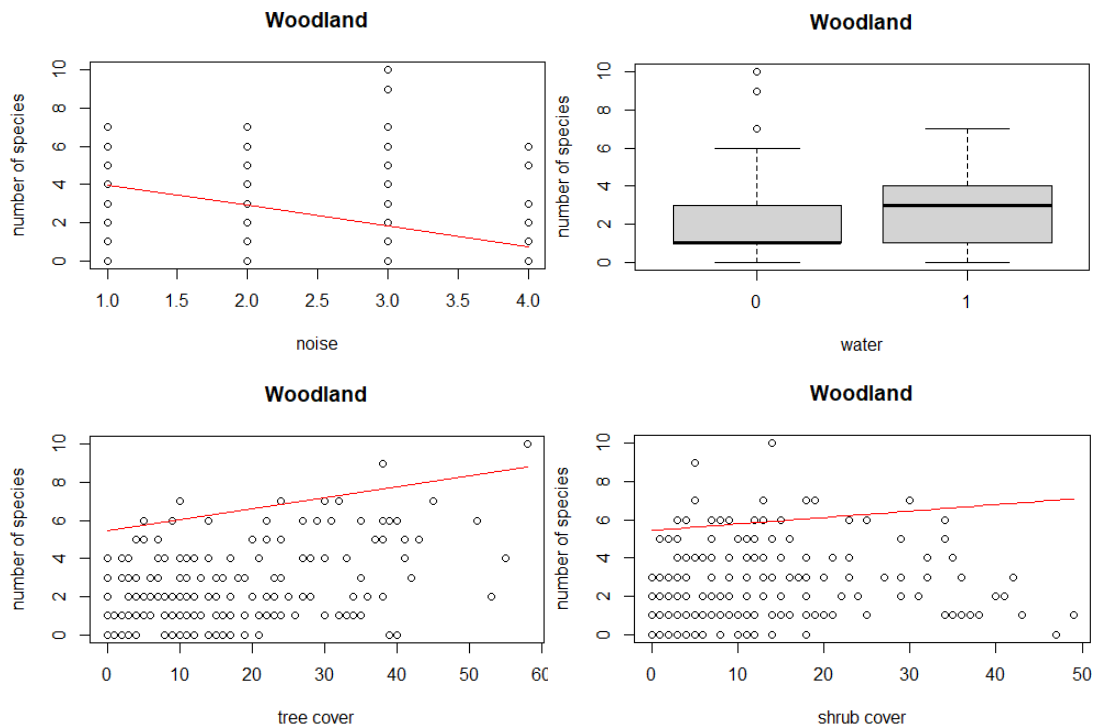


Příloha 8 Signifikantní faktory ovlivňující počet druhů dle biotopových charakteristik.

Grafy faktorů signifikantně ovlivňující počty druhů zařazených podle biotopových preferencí.

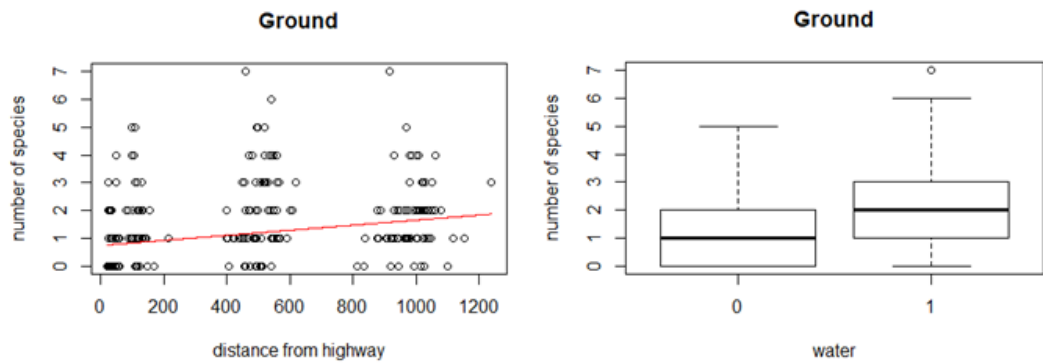


Grafy závislosti počtu lesních druhů na vzdálenosti, pokryvnosti stromů a keřů a presence vody.

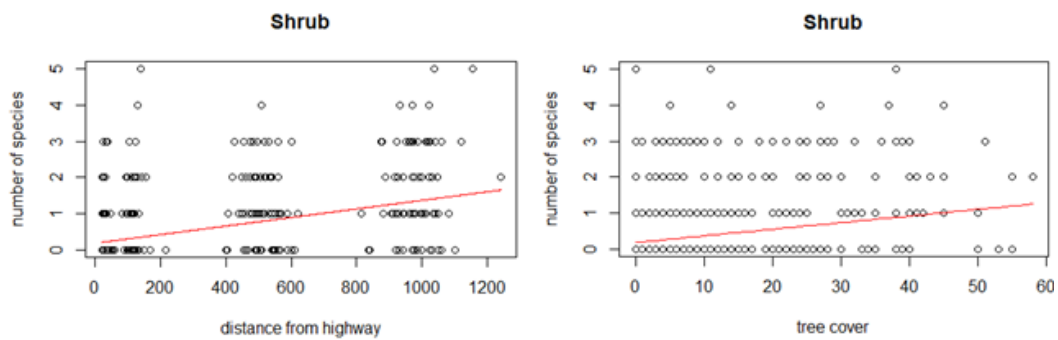


Příloha 9 Grafy faktorů ovlivňující počty druhů hnízdních gild.

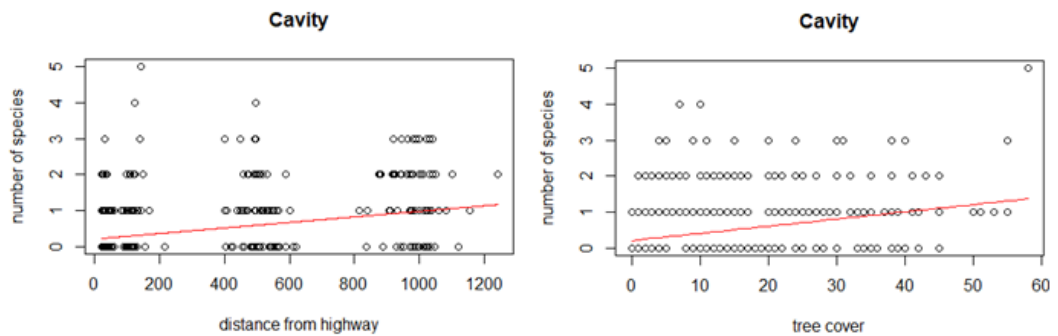
Grafy závislosti počtu druhů hnízdicích na zemi na vzdálenosti od dálnice a presenci vody.



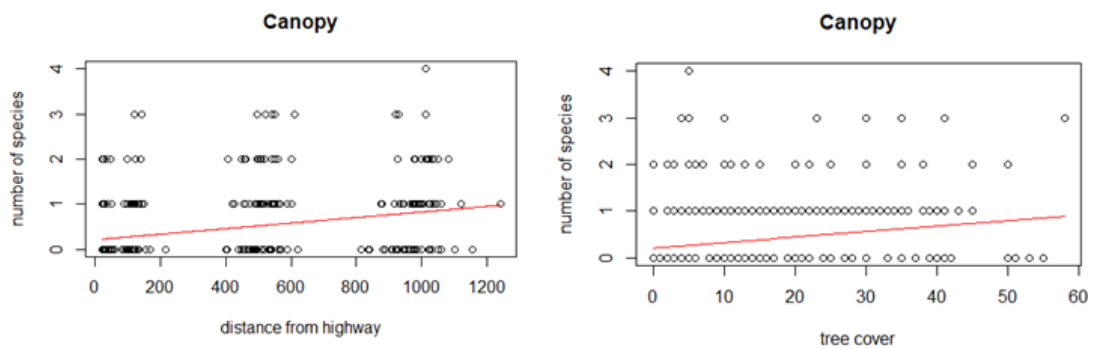
Grafy závislosti počtu druhů hnízdicích v keřích na vzdálenosti od dálnice a pokryvnosti stromů.



Grafy závislosti počtu dutinových druhů na vzdálenosti od dálnice a pokryvnosti stromů.

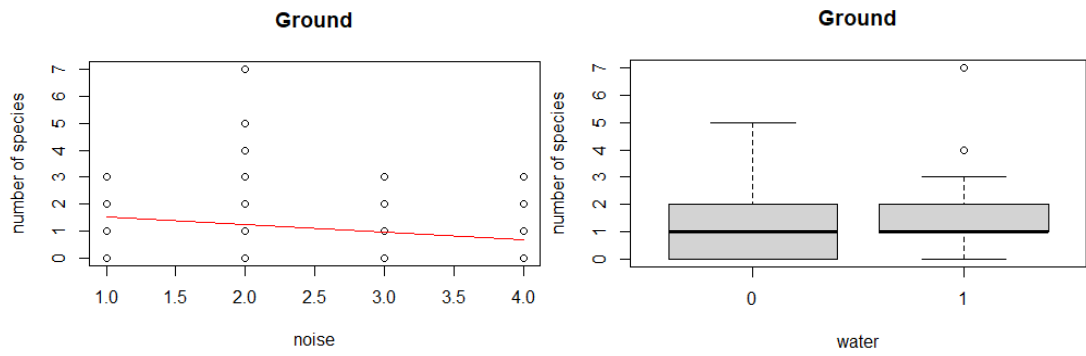


Grafy závislosti počtu druhů hnízdicích na stromech na vzdálenosti od dálnice a pokryvnosti stromů.

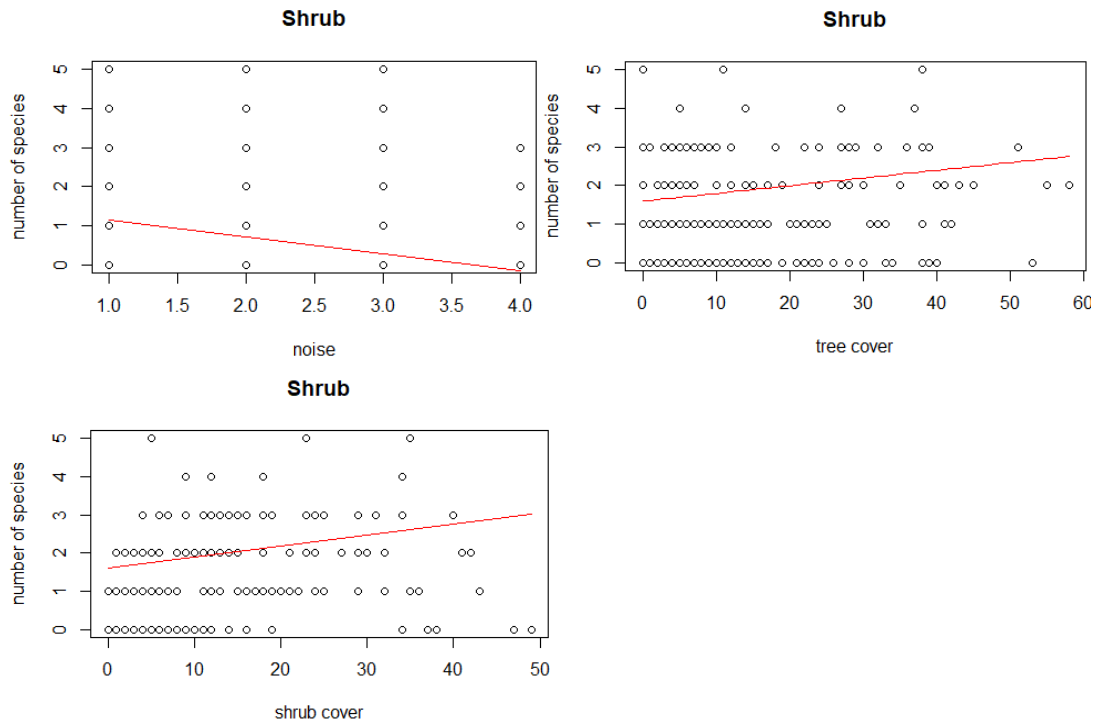


Příloha 10 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující počty druhů hnízdních gild

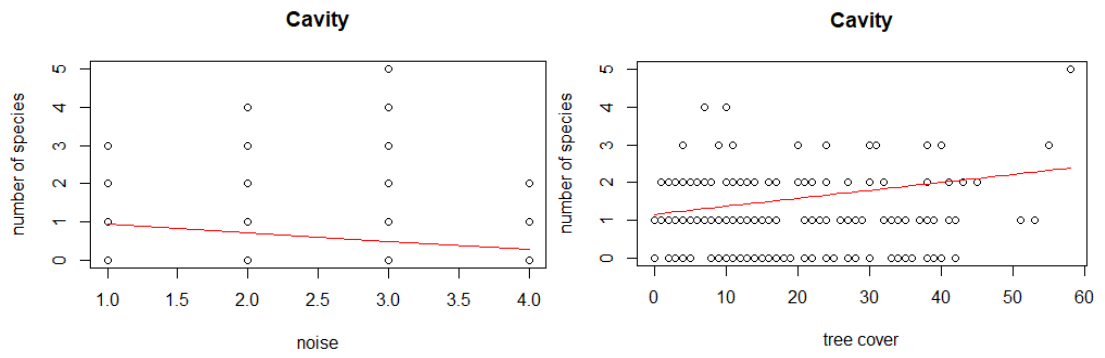
Závislost počtu druhů hnízdních na zemi na hluku a presenci vody.



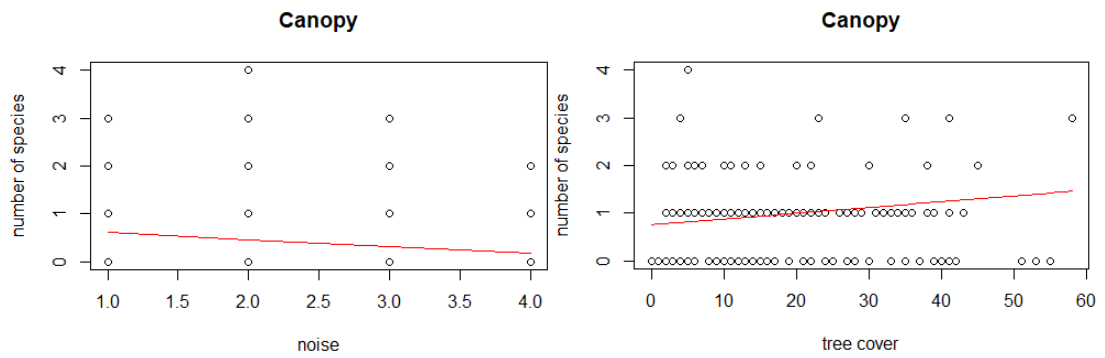
Závislost počtu druhů hnízdních v keřích na hluku a pokryvnosti stromů a keřů.



Závislost počtu dutinových druhů na hluku a pokryvnosti stromů.

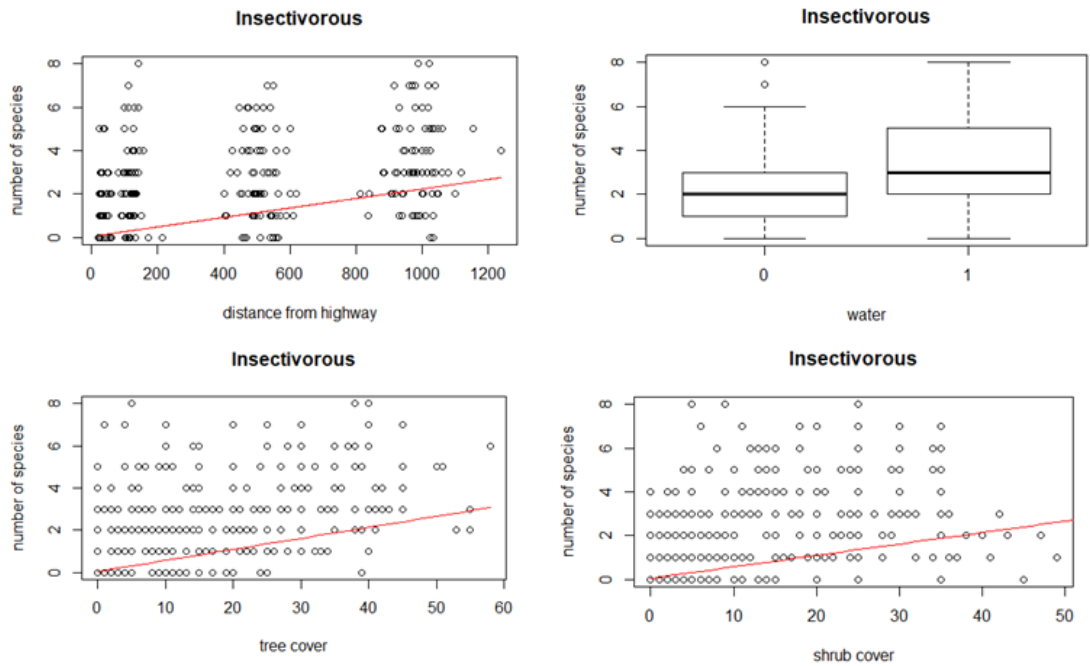


Vliv hluku a pokryvnosti stromů druhy hnízdící na stromech.



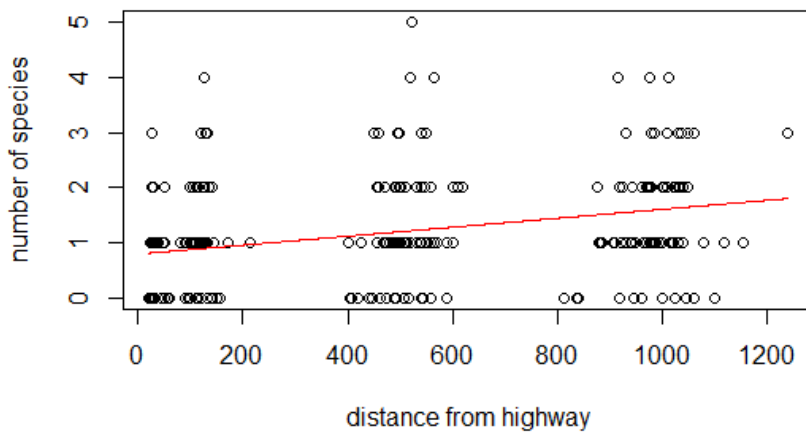
Příloha 11 Grafy faktorů ovlivňující počty druhů potravních gild.

Grafy závislosti počtu hmyzožravých druhů na vzdálenosti, presenci vody a pokryvnosti stromů a keřů.

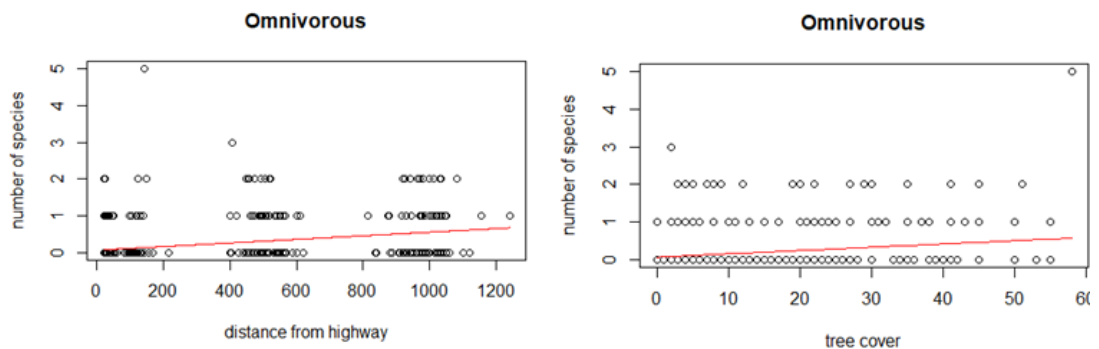


Závislost počtu semenožravých druhů na vzdálenosti od dálnice.

Granivorous

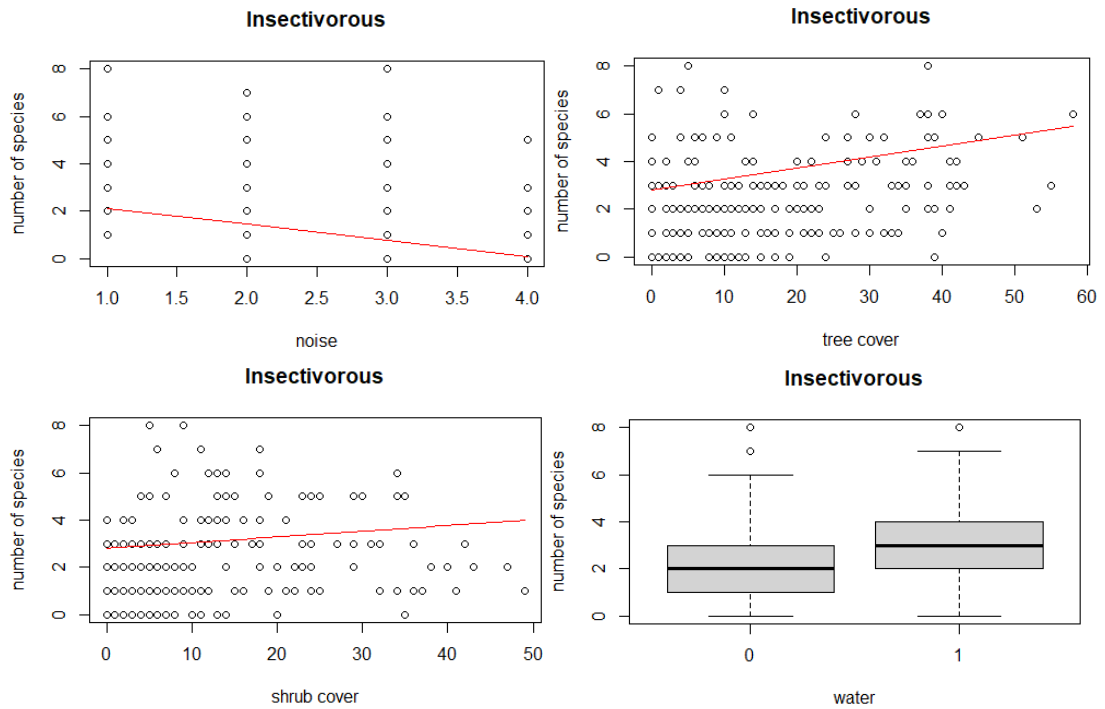


Grafy závislosti počtu všežravých druhů na vzdálenosti a pokryvnosti stromů.

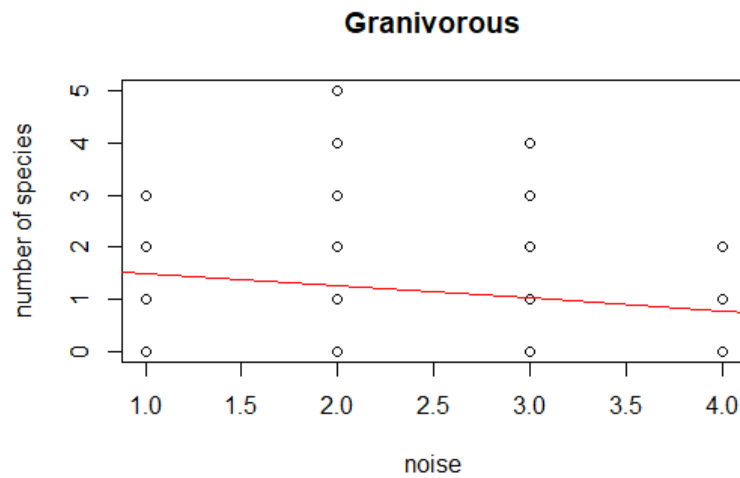


Příloha 12 Grafy faktorů signifikantně ovlivňující druhy potravních gild.

Vliv hluku, presence vody a pokryvnosti stromů a keřů na počet hmyzožravých druhů.



Vliv hluku na početnost semenožravých druhů.



Vliv hluku a pokryvnosti stromů na počet všežravých druhů.

