

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ GEOINFORMATIKY  
A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ



**Vliv světelného a hlukového znečištění na  
hlasovou aktivitu kosa černého**

The impact of artificial light and traffic noise on a  
voice activity of Blackbird

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Barták, Ph.D.

Konzultant: Ing. Lenka Hodačová

Autor práce: Berenika Trýznová

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Berenika Trýznová

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

**Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého**

Název anglicky

**The impact of artificial light and traffic noise on a voice activity of Blackbird**

---

### Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Posuzována bude intenzita zpěvu v období 60 minut po východu slunce. Zkoumaná intenzita zpěvu bude porovnána s intenzitou zpěvu 60 minut před východem slunce.

### Metodika

Výzkum bude probíhat na 4 typech lokalit (se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, s oběma předešlými faktory a bez rušivých vlivů), přičemž celkově bude analyzováno cca 40 již dříve sebraných nahrávek. Analýza nahrávek bude provedena pomocí software Avisoft. Na každé nahrávce bude sledována intenzita zpěvu v intervalu 1 hodina po východu slunce. Při vyhodnocení dat budou kromě světelného a hlukového znečištění brány v úvahu i další faktory – zejm. aktuální počasí.

**Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran + přílohy

**Klíčová slova**

Světelné znečištění, hlukové znečištění, hlasová aktivita, kos černý

---

**Doporučené zdroje informací**

- Dominoni, D.M., Carmona-Wagner, E.O., Hofmann, M., Kranstauber, B. & Partecke, J. 2014: Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology*, 83(3): 681-692.
- Fuller R.A., Warren P.H. & Gaston K.J. 2007: Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters* vol. 3: 368-370.
- Kempenaers, B., Borgstrom, P., Loes, P., Schlicht, E. & Valcu, M. 2010: Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology*, Vol. 20: 1735-1739.
- Miller M.W. 2006: Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins. *Condor* 108: 130-139.
- Nemeth E., Pieretti N., Zollinger S.A., Geberzahn N., Partecke J., Miranda A.C. & Brumm H. 2013: Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. *Proc R Soc B* 280.
- Nordt A. & Klenke R. 2013: Sleepless in Town – Drivers of the Temporal Shift in Dawn Song in Urban European Blackbirds. *PLoS ONE* 8(8).
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Vojtěch Barták, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování

**Konzultant**

Ing. Lenka Hodačová

Elektronicky schváleno dne 10. 3. 2020

**doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2020

---

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: *Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého* vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou 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 vědoma, že odevzdáním bakalářské 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 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 24. 3. 2020

.....

Berenika Trýznová

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Vojtěchu Bartákovi, Ph.D. za ochotu vést moji bakalářskou práci, odborné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích. Také děkuji Ing. Lence Hodačové za pomoc s programem Avisoft-SASLab Pro.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině a přátelům za podporu nejen při tvorbě této práce, ale i po celou dobu studia.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá hlasovou aktivitou kosa černého (*Turdus merula*) na městských a mimoměstských lokalitách. Hlavním předmětem výzkumu je otázka, zdali se mění začátek doby vokalizace, celková délka vokalizace a počet zpěvních strof vlivem světelného nebo hlukové znečištění, případně interakcí obou faktorů. Nebyly zde opominuty ani aspekty počasí (teplota, tlak, vítr, srážky, vlhkost a oblačnost), které byly do statistické analýzy také zahrnuty.

Nahrávání probíhalo na jaře roku 2015 po dobu tří měsíců (březen–květen). Nahrávky hlasové aktivity byly pořizovány diktafony jednou týdně. Byly porovnávány čtyři typy lokalit: lokality se světelným znečištěním, lokality s hlukovým znečištěním, lokality s oběma typy znečištění a lokality bez světelného i hlukového znečištění. Světelné znečištění bylo způsobováno umělým světlem, zejména pouličním osvětlením. O hlukové znečištění se postaraly dopravní komunikace. Pražské městské parky splňovaly podmínky světelného a světelného i hlukového znečištění. Lokality s hlukovým znečištěním byly situovány u dálnice D5 v blízkosti města Beroun. Klidné lokality, tedy lokality bez světelného i bez hlukového znečištění, byly představovány hlavně chráněnými krajinnými oblastmi v úzkém okolí Berouna.

Vyhodnocováno bylo prvních 60 minut vokalizace kosa černého po východu slunce. Jednotlivé strofy zpěvu a jejich délka byly zaznamenávány v programu Avisoft-SASLab Pro, který umožňoval vizualizovat melodii zpěvu. Celkem bylo zpracováno 41 nahrávek tj. 164 patnáctiminutových intervalů. Pro kompletní vyhodnocení vokalizace, k nim byla přidána již existující data z časového úseku tří hodin před východem slunce.

Z výsledků vyplývá, že na světelně znečištěných lokalitách začíná kos černý zpívat zhruba o 48 minut dříve než na lokalitách bez světelného znečištění. Žádný z typů lokalit nemá statisticky významný vliv na celkovou délku vokalizace. Rozdíly mezi pozorovanými čtyřmi typy lokalit v období 1 hodiny po východu slunce nejsou průkazné. Vyhodnocením vlivu počasí (teplota, tlak, vítr, vlhkost a oblačnost) nebyl prokázán signifikantní vliv žádného z těchto faktorů na intenzitu zpěvu kosa černého v období před i po východu slunce.

Klíčová slova: kos černý (*Turdus merula*), vokalizace, městské osvětlení, dopravní hluk, počasí

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with vocal activity of blackbird (*Turdus merula*) in urban and non-urban sites. Main issue of this research was, if the beginning of vocal activity is changing due to light or noise pollution or even both. Also, aspects of weather (such as temperature, pressure, wind, precipitation, humidity, cloudiness) are also included in the analysis.

Recording took place at spring 2015 in time of 3 months (March–May). Recordings of vocal activities were taken via dictaphone once a week. Four types of locations were compared: locations with light pollution, locations with noise pollution, locations with both types and locations without any of them. Light pollution was caused by artificial light, mostly from street lights. Noise pollution was made by traffic. City parks in Prague met the conditions of both types of pollution. Locations with noise pollution were situated at highway D5 around the city of Beroun. Locations without any type of pollution took place mainly in CHKO Křivoklátsko and CHKO Brdy near the city of Beroun.

First 60 minutes of vocal activity of blackbird after sunrise were evaluated. Each individual stanza and their lengths were marked in program (Avisoft-SASLab Pro) capable of visualization melody of song. Total of 41 recordings, in other words, 164 fifteen minute recordings were processed.

The results show, that on locations with light pollution, the blackbird starts singing around 48 minutes earlier than on locations without light pollution. No type of site has statistic influence on total length of vocalization. Differences between 4 types of locations in time lapse of 1 hour are inconclusive. Evaluation of the influence of weather (temperature, pressure, wind, humidity and cloudiness) did not show any significant effect of any of these factors on the intensity of singing of blackbird in the period before and after sunrise.

Key words: blackbird (*Turdus merula*), vocalization, artificial lighting, traffic noise, weather

# Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární rešerše .....	3
3.1 Vokalizace.....	3
3.1.1 Volání a zpěv.....	3
3.1.2 Hlasová aktivita .....	3
3.1.3 Zpěvné ústrojí (syrinx) .....	3
3.2 Kos černý ( <i>Turdus merula</i> ) .....	4
3.2.1 Stručný popis.....	4
3.2.2 Rozšíření .....	4
3.2.3 Zpěv .....	5
3.2.4 Reprodukce .....	5
3.3 Urbanizace .....	6
3.4 Světelné znečištění .....	6
3.4.1 Působení na ranní vokalizaci .....	6
3.4.2 Působení na reprodukci.....	7
3.4.3 Působení na chování.....	7
3.5 Hlukové znečištění .....	8
3.5.1 Působení na ranní vokalizaci .....	8
3.6 Interakce obou znečištění.....	8
3.7 Městské prostředí.....	9
3.7.1 Parazitismus a kontaminace .....	9
3.8 Působení počasí.....	10
3.8.1 Teplota .....	10
3.8.2 Déšť .....	10
3.8.3 Vítr.....	11
3.8.4 Oblačnost .....	11
4. Metodika .....	12
4.1 Sledované lokality .....	12
4.2 Sběr dat .....	14
4.3 Vyhodnocování nahrávek .....	15
4.4 Analýza dat .....	15
4.4.1 Multikolinearita.....	16



5. Výsledky.....	18
5.1 Vliv lokality a počasí na počátek vokalizace .....	18
5.2 Vliv lokality a počasí na celkovou délku vokalizace .....	20
5.3 Vliv lokality a počasí na délku vokalizace hodinu po východu slunce.....	21
5.4 Vliv lokality a počasí na počet strof hodinu po východu slunce .....	23
6. Diskuze .....	26
7. Závěr a přínos práce .....	28
8. Seznam použité literatury .....	29
9. Seznam obrázků a tabulek.....	36
9.1 Seznam obrázků .....	36
9.2 Seznam tabulek.....	36
10. Přílohy .....	37

## 1. Úvod

S narůstající hodnotou antropogenního znečištění se paralelně zvyšuje zájem o zkoumání eventuálních dopadů na přírodní prostředí, což přináší příležitost lépe pochopit, jak může lidské chování související s technologickým pokrokem ovlivnit chování a migraci zvířat, jejich sociální vztahy a narušení komunikace (Rabin et al. 2003).

Umělé noční osvětlení a s ním spojené světelné znečištění se celosvětově rozšiřuje, čímž u zvířat významně ovlivňuje posouzení délky dne (Da Silva et al. 2015). Narušení aktivity pěvců je jedním z nejvíce studovaných ekologických důsledků světelného znečištění (Da Silva et al. 2016), u kterého byly potvrzeny účinky změny načasování reprodukčního chování (Kempenaers et al. 2010), posunu ranní vokalizace (Da Silva et al. 2014) nebo dobu získávání potravy (Russ et al. 2015).

Rovněž hlukové znečištění působí negativně na ptačí život (Perillo et al. 2017). Na problematiku hluku poukazuje několik studií (Gilbert et al. 2017), jež zmiňují úpravu frekvenčního rozsahu zpěvu (Nemeth et Brumm 2010; Nemeth et al. 2013), snížení druhové bohatosti ptáků v městských parcích (Perillo et al. 2017), výskyt nočního zpěvu (Fuller et al. 2007) nebo načasování ranní zpěvné aktivity (Nordt et Klenke 2013).

Výzkumem vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého se zabývalo již několik kolegů studujících na České zemědělské univerzitě v Praze ve svých bakalářských a diplomových pracích. Studie byly cílené zejména na vyhodnocení ranní zpěvné aktivity, přičemž analýza byla povětšinou ukončená dobou východem slunce. Primární motivací této práce je rozšířit zkoumanou problematiku o delší časový úsek, tzn. vyhodnotit následující hodinu zpěvu po východu slunce. Prvotně měla být bakalářská práce zaměřená na posouzení vokalizace 60 minut před východem slunce a 60 minut po východu slunce, ale protože nebyl zaznamenán signifikantní efekt a hlasová aktivita byla opět omezená časovým úsekem, domluvili jsme se společně se školitelem, že zahrneme do analýzy dalších 120 minut již z existujících dat, aby byl segment zpěvné činnosti kosa kompletní. Celkem byl zkoumán interval 180 minut před východem slunce a 60 minut po východu slunce.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého. Předmětem výzkumu je zjistit, zdali se liší sledované charakteristiky zpěvu (počátek vokalizace, délka vokalizace a počet strof) v důsledku antropogenní činnosti, tedy vlivem faktorů světla a hluku, oproti lokalitám přirozených bez světelného i hlukového znečištění. Zároveň budou sledovány meteorologické aspekty počasí.

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit vliv čtyř typů lokalit (lokality se světelným znečištěním; lokality s hlukovým znečištěním; lokality se světelným i hlukovým znečištěním; lokality bez světelného a hlukového znečištění) a aspektů počasí (teplota, tlak, vítr, srážky, vlhkost a oblačnost) na:

- dobu začátku vokalizace kosa černého,
- celkovou délku vokalizace kosa černého,
- délku vokalizace kosa černého hodinu po východu slunce,
- počet zpěvních strof kosa černého hodinu po východu slunce.

## **3. Literární rešerše**

### **3.1 Vokalizace**

#### **3.1.1 Volání a zpěv**

Hlasové projevy ptáků lze rozlišit na dva pojmy: volání a zpěv (Veselovský 2001), jejichž pestrost se odráží v rozsahu 7–8 oktáv (Sauer 1995).

Voláním označujeme krátké, jednoduché hlasové projevy, které produkují po celý rok samci i samice. Slouží k upozornění na predátora (ohrožení, poplach) nebo tím vyjadřují bolest, hlad, případně jej používají k dorozumívání a vábení (Catchpole et Slater 2008; Veselovský 2001).

Delší hlasové projevy a opakující se fráze s motivy, jsou charakteristické pro nejsložitější formu ptačí komunikace, tzn. pro ptačí zpěv. Struktura zpěvu se skládá z elementů slabik, frází a motivů, které společně tvoří proměnlivou strofu a soubor různých forem strof tvoří ve výsledku zpěv (Bejček et Šťastný 2006; Veselovský 2001).

#### **3.1.2 Hlasová aktivita**

Na zpěv působí rozmnožovací cyklus – samec začíná zpívat v momentu, kdy má střední mozek ovlivněn zvýšenou hladinou testosteronu, proto zpívá při námluvách (zpěv informuje samici o kvalitě samce) a následně varuje ostatní o svém hnízdním okrsku (Trnka et Grim 2014; Veselovský 2001). Ptačí zpěv se ozývá pouze na jaře a v létě (Šťastný et Drchal 1994), právě v době reprodukce. Vlhký ranní vzduch nese lépe zvukové vlny, proto většina pěvců začíná zpívat za tmy, ještě před východem slunce (Veselovský 2001).

Pěvci mají výjimečnou schopnost hlasového učení (Naguib et Riebel 2006) a nejlépe vyvinutou schopnost vytvářet zvuky ze všech obratlovců (Trnka et Grim 2014).

#### **3.1.3 Zpěvné ústrojí (syrinx)**

Unikátní hlasový orgán syrinx se u pěvce nachází na konci průdušnice v místě rozdělení na dvě průdušky. Z důsledku rozdělení se z něj stává vhodný předmět k úpravě vlnovodu. Syrinx vznikl srůstem průdušnicových a průduškových chrupavčitých kroužků tvořící malý bubínek, na který nasedá několik párů zpěvných

svalů. Vokalizace probíhá pouze za pomoci syrinxu, přestože hrtan je umístěn na druhém konci průdušnice (Riede et al. 2019; Smyth et Smith 2002; Šťastný et Drchal 1994; Veselovský 2001).

### **3.2 Kos černý (*Turdus merula*)**

Kos patří do nejpočetnějšího řádu pěvců (Passeriformes), jenž má 5 265 druhů, což představuje více než polovinu všech ptačích druhů, a spadá do čeledi drozdovitých (Turdidae). Umístění i počet zpěvných svalů (1–7) a srůst prstových ohybačů na noze jsou určovací faktory systematiky pěvců (Bejček et Šťastný 2006).

#### **3.2.1 Stručný popis**

Rozdílné zbarvení mezi samcem a samicí kosa odpovídá pohlavní dvojtvárnosti, jinak řečeno sexuálnímu dimorfismu (Šťastný et Drchal 1994), kdy důvodem může být například nenápadnost hnízdící samice. Samec kosa je celý matně černý, kromě zobáku a okruží kolem oka, které jsou charakteristicky sytě žluté (Přílohy 1). Oproti tomu samice je tmavohnědá se světlejším hrdlem i hrudí a její zobák je černohnědý (Jännes et Roberts 2013). Mladí jedinci jsou podobní samicím vyjma slabého skvrnění, jenž mají do podzimního pelichání (Sauer 1995). Částečný albinismus, rovněž odchylka běžného zbarvení do bíla, se u kosů vyskytuje hojně (Šťastný et Drchal 1994).

Kos se pohybuje zejména poskakováním nebo krátkým pobíháním po zemi s mírně spuštěnými křídly, po zastavení trhavě kývá ocasem. Jeho létání je rychlé s plochým obloukovitým opisem (Dungel et Hudec 2004).

Hlavní zdroj potravy představují žížaly, což platí pro většinu druhů čeledi drozdovití (Sauer 1995), kos ovšem nepohrdne ani hmyzem, plži, bobulemi nebo měkkým ovocem (Jännes et Roberts 2013).

#### **3.2.2 Rozšíření**

V první polovině 19. století byl kos charakterizován jako lesní plachý pták (Felix 2000), poté se začal usazovat v zahradách a městských parcích. Mírnější klima a dostupnější potrava, které nabízí města, jsou příčinou právě procesu poměšťování neboli synantropizace. Kos je druhem, který se vyznačuje částečnou migrací (Newton 2007). Stálou populaci se zimovištěm v České republice reprezentují městští kosi, zatímco populace mimoměstská, tzn. lesní, patří k převážně tažné skupině a své hnízdní teritoria na zimu opouští (Samaš et al. 2013), provádí tak od

září do října, kdy migrují do jižní a západní Evropy (Šťastný et Drchal 1994), vracejí se v březnu a dubnu.

Kos je rozšířen téměř do celého světa. Vyskytuje se v Evropě, Asii, severní Africe a dokonce i v Austrálii, kam byl introdukován (Bejček et Šťastný 2006). Nešťastně introdukován byl i na Nový Zéland, kde se rychle stal invazním druhem (Trnka et Grim 2014), který velmi negativně ovlivnil zdejší ptactvo – zavlečený kos černý se stal na Novém Zélandu nejpočetnějším ptačím druhem.

### **3.2.3 Zpěv**

Osobitým rysem kosího zpěvu jsou melodické árie a flétnové tóny, které znějí už za mírnějších dnů pozdní zimy počátkem února (Jännes et Roberts 2013; Sauer 1995; Hudec et Šťastný 2011). Napodobování různých zvuků nedělá kosům problém. V období plného zpěvu, tj. v době hnízdění, začíná svůj zpěv ještě za tmy sedíc na vyvýšeném místě (Felix 2000), zhruba hodinu před východem slunce. V tomto časovém úseku je zpěv intenzivnější, oproti následujícímu zpěvu v hodině po východu slunce. Západ slunce určuje konec večerního zpěvu. V městském prostředí začíná zpívat případně již v lednu, vlivem umělého osvětlení zpívá i v noci (Hudec et Šťastný 2011). Patří k druhům s nejdelší zpěvnou periodou a střídá až 300 různých motivů (Veselovský 2001) s velkým repertoárem písní (Naguib et Riebel 2006).

Svůj hlas využívá k upozornění na přítomnost predátora v okolí. Rozlišuje druhy varovných signálů podle toho, zda se predátor nachází ve vzduchu anebo na zemi. Štěkavým hlasem upozorňuje na blízkost kočky či kuny, naopak vysokým tónem prozrazuje dravce ve vzduchu. Takový tón o vysoké frekvenci je pro dravce v podstatě neslyšitelný, jelikož jej kryje blízká vegetace v podobě listů a větví (Trnka et Grim 2014; Veselovský 2001).

### **3.2.4 Reprodukce**

Kos je běžně hnízdícím druhem na celém území České republiky. Přizpůsobuje se nadmořské výšce, tudíž dokáže zahnízdit od nížin až po horní hranici lesa. Ve vyšších polohách hnízdí jednou ročně, v nižších polohách dvakrát v roce a to od poloviny března. V městských částech může hnízdit dvakrát až třikrát ročně. Lesní hnízda jsou hliněná, bytelně postavená z větviček, stébel i kořinek a vystlaná jemnými stébly trávy. Lesní populace upřednostňují smrkové porosty (Formánek 2017). Kosi žijící v centrech měst využívají ke svému hnízdění cokoli (Wang et al. 2015), co jim poskytne pevnou konstrukci a dostatečnou výšku (např. římsy na

budovách, sloupy vedoucí elektrické napětí, zábradlí nebo venkovní markýzy). Hnízdní okrsek kosů patří vždy jednomu páru (Sauer 1995). Samička staví hnízdo 4–6 dní, ve městech za pomoci provázků, kousků igelitu, papírků (Hudec et Šťastný 2011) a její snůška čítá 4–5 namodralých až nazelenalých vajec zdobených rezavohnědým skvrněním, na nichž sedí zhruba 2 týdny (Šťastný et Drchal 1994). Mláďata k přežití potřebují od svých rodičů dostatečnou péči, protože se líhnou slepá, holá a extrémně krmivá (Bejček et Šťastný 2006). V době, kdy mláďata opouští hnízdo, neumí ještě létat (Formánek 2017).

### **3.3 Urbanizace**

Lidské vlivy mění svět, odstraňují stanoviště a vytvářejí nová (Slabbekoorn 2004). Organismy žijící v městské sféře musí čelit různým podmínkám prostředí, jejichž souvislost s mírou urbanizace představuje pro městské živočichy existenční výzvy, týká se to zejména antropogenního hluku a umělého nočního osvětlení (Nordt et Klenke 2013). V městských oblastech se nachází spousta druhů ptáků, kteří zde žijí, komunikují i se zde rozmnožují (Dowling et al. 2012). V českých parcích, sadech a zahradách se zabydleli například vrabci, špačci a sýkory (Felix 2000).

### **3.4 Světelné znečištění**

V minulém století se rozsah a intenzita umělého nočního osvětlení zvýšily do té míry, že mají zásadní účinky na behaviorální a populační ekologii organismů v jejich přirozeném prostředí. Efekt je odvozený od změn orientace či dezorientace, přitažlivosti či odporu světelného prostředí, což může negativně ovlivnit hledání potravy, reprodukci, migraci a komunikaci (Longcore et Rich 2004).

#### **3.4.1 Působení na ranní vokalizaci**

Městské druhy ptáků mají vlivem vystavování nočnímu osvětlení pozměněné biologické rytmy a denní cykly aktivit (Dominoni et al. 2013a). O 8 minut dříve začali ranní zpěv kosi na světelně znečištěných lokalitách (Da Silva et al. 2014). Jiná studie uvádí posun zpěvu dopředu o 4 minuty (Da Silva et al. 2016) nebo dokonce o 50 minut (Kempnaers et al. 2010). Noční světlo má výrazný dopad na ranější zpěvnou činnost kosa černého (Dominoni et al. 2014). K danému tvrzení se přiklání také Hasan (2010), podle kterého má pouliční osvětlení vliv na ranní zpěv, nikoli ale měsíční svit.

### 3.4.2 Působení na reprodukci

Noční osvětlení měst způsobuje u ptactva chybné posuzování délky dne, ta upravuje činnost pohlavních žláz, a proto se stává, že městští kosi zpívají i v noci (Sauer 1995). Ovlivnění reprodukčního načasování světelným znečištěním bylo prokázáno u městských kosů, jejichž subjektivní vnímání délky dne, se prodloužilo v průměru o 49 minut, oproti pozorovaným kosům v nedalekém lese (Dominoni et Partacke 2015a). Zvýšené sociální interakce městských kosů nepřispívají k předčasné reprodukci (Dominoni et al. 2015b).

Dřívější zahájení sekrece hormonu lutropin a vývoji varlat u samců kosa, dochází též vlivem života ve městech (Partecke et al. 2004). Ptákům vystaveným nočnímu osvětlení se vyvinul reprodukční systém již o měsíc dříve (Dominoni et al. 2013b), proto se také aktivně rozmnožovali o 13 dní dříve oproti jejich lesním jedincům. Dříve byl u městských populací zpozorován i proces pelichání.

Dominoni (2017) se domnívá, že světelné znečištění může vysvětlit většinu variací načasování reprodukční fyziologie mezi městskými a mimoměstskými populacemi kosa černého. Tuto teorii podporuje závěr výzkumu (Russ et al. 2017), ve kterém je uvedeno, že umělé osvětlení v noci předpovídá mnoho aspektů spojených s výchovou: výběr lokality pro hnízdo, načasování a úspěšnost snůšky, míra přežití hnízd. Oproti tomu nebyl prokázán vliv na velikost hnízda a velikost mláďat. Město poskytuje větší zdroj potravy, proto je zde kos schopen vyhnízdit i 3x za sezónu (Šťastný et Drchal 1994).

### 3.4.3 Působení na chování

Bylo zjištěno, že hormon melatonin, mající účinek na spánek (Young 1996), může v kombinaci s nočním osvětlením změnit ptákům délku vnímání dne. Více pohybové aktivity bylo zaznamenáno u mimoměstských kosů (Dominoni et al. 2013a).

Ve městě se koncentrace lidí od rána s postupujícím dnem zvyšuje, což negativně dopadá na kosa v městských parcích (Fernández-Juricic et Tellería 2000), pro které to znamená zvýšení své ostražitosti, a tím pádem mají daleko méně času na hledání potravy, což zapříčiňuje snížení jejího příjmu. Oproti tomu další výzkum prokazuje, že městští kosi v severovýchodní části Německa prodloužili dobu shánění potravy do noci až o 50 minut (nejdelší časové rozdíly mezi lesními a městskými populacemi byly zaznamenány v březnu), přičemž poukazují na pravděpodobnost právě světelného osvětlení (Russ et al. 2015). V jižním Německu



se světelné znečištění výrazně neprokázalo na načasování sběru potravy (Da Silva et al. 2017).

### **3.5 Hlukové znečištění**

Hluk je definován jako nežádoucí zvuk ohrožující zdraví organismů (Goines et Louis 2007). Rychlý rozvoj lidských aktivit v dnešní době (např. růst dopravních sítí, těžba surovin a rozšiřování měst) má za následek vyvolávání hluku, který snižuje plochu, kde by zvířata mohla vnímat akustické signály a dorozumívat se (Barber et al. 2010; Gilbert et al. 2017; Warren et al. 2006). Komunikace je základem, na kterém jsou postaveny všechny společenské vztahy mezi zvířaty (Brumm et Slabbekoorn 2005; Perillo et al. 2017), přičemž je vyžadováno, aby se zvuky šířily mezi jedinci napřímo (Patricelli et Blickley 2006).

Okolní hluk může být pro městské pěvce a jejich zdraví velmi nebezpečný, kdy je vystavuje velkému stresu, ale také hrozí tím, že v jeho šumu zamaskuje blízcího se predátora. Jedinec taktéž nemusí slyšet poplašné volání okolních ptáků z důvodu rušení akustických signálů (Slabbekoorn et Ripmeester 2008).

#### **3.5.1 Působení na ranní vokalizaci**

Zvířata se rozvoji urbanizace spojené s vyšší mírou hluku dokážou hlasově přizpůsobit (Patricelli et Blickley 2006). U ptačích druhů, včetně kosa černého, které se dorozumívají zejména akustickou komunikací, byly zjištěné potíže s přenosem zpráv v hlučnějších lokalitách. Z tohoto důvodu posouvá kos celou svoji vokalizaci, aby předešel zaniknutí zpěvu v okolním hluku (Mendes et al. 2011). Kromě toho dokáže upravovat i svoji frekvenci a hlasitost (Nemeth et al. 2013), kdy do zpěvu zařadí prvky s vyšší frekvencí (Nemeth et Brumm 2009; 2010; Trnka et Grim 2014; Veselovský 2001), čímž vynikne zpěv v městském šumu. Lesní populace využívají frekvenční pásmo od 1,8–1,9 kHz (Hz/hertz = jednotka frekvence), zatímco u městských kosů byly frekvenční prvky v rozsahu 2,2–2,3 kHz (Nemeth et al. 2013).

### **3.6 Interakce obou znečištění**

Výzkumů zaměřujících se na světelně i hlukově znečištěné lokality najednou, není takové množství, jako výzkumů zkoumajících pouze jeden prvek znečištění. Přitom městská prostředí poskytují zejména interakci obou faktorů.

Touto problematikou se zabývali ve své studii Nordt et Klenke (2013). Výsledky ukázaly, že jedinci, kteří nebyli vystaveni nočnímu osvětlení nebo dopravnímu hluku, v noci vůbec nezpívali. Naopak čím více světelného znečištění a hluku bylo v noci na kosa vyvinuto, tím dříve začali se svou ranní vokalizací. Dále zjistili, že přestože byli městští i mimoměstští jedinci pod vlivem stejné úrovně dopravního hluku, brzký nástup zpěvu byl zaznamenán jen u městské populace. Autoři, společně s dalšími (Dorado-Correa et al. 2016; Fuller et al. 2007), prohlašují antropogenní hluk dvojnásobně víc účinný než je světelné znečištění. Tyto dva efekty byly navíc zesíleny společnou interakcí.

### **3.7 Městské prostředí**

Nejenom vliv umělého světla a míry hlučnosti přináší městským populacím kosa černého ztěžující podmínky k životu, ale i město samotné a jeho prostředí. Nicméně, i přesto je populace kosa černého ve městech mnohem početnější (20–52 párů/10 ha) než v lesích (1–7 párů/10ha) (Hudec et Šťastný 2011).

Studie z Číny dokazuje, že přirozených míst pro hnízdění ve městech ubývá, avšak kosi nemají problém přizpůsobit svá hnízda dostupným antropogenním strukturám v reakci na zvyšující se urbanizaci (Wang et al. 2015).

I městská hnízda mají plno potencionálních predátorů (Grégoire et al. 2003) mezi jenž patří straka obecná, vrána černá, veverka obecná nebo kočka domácí. Ve své studii se Wysocki et al. (2015) domnívají, že silný predáčnický tlak souvisí s velikostí hnízda, kdy menší hnízda považují za hůře dostupná a lépe skrytá. Predace ve městech je sice sporadičtější než v lese (Ibáñez-Álamo et Soler 2010), ale častěji dochází k hladovění alespoň jednoho mláděte.

Hypotéza genetické diferenciacce mezi městskými (Mnichov) a lesními populacemi kosa byla zkoumána v roce 2000. Výzkum probíhal odebráním vzorků krve a následně porovnáním genomové DNA. Úroveň genetické rozmanitosti ani genetické rozdíly nebyly potvrzeny. Genetické informace populace městských a lesních kosů byly podobné (Partecke et al. 2006).

#### **3.7.1 Parazitismus a kontaminace**

Vzhledem k tomu, že kos získává svou potravu ze země, stává se z něj patrně nejnáchylnější ptačí druh k napadení infikovaným klíštětem nesoucím bakterii rodu *Borrelia* (původce lymfské boreliózy). Tím se zabývala Gryczyńska (2018), která ve své studii uvádí, že pravděpodobnost nálezu klíštěte na městské i lesní populaci

kosa je srovnatelná, ale výrazně se lišil počet klíšťat na jedince. V lese byla průměrně na kosovi 4 klíšťata, zatímco ve Varšavě se průměr klíšťat pohyboval okolo 1,5. Na základě detekce bakteriální DNA u klíšťat nalezených na kosech bylo zjištěno, že infikovaná klíšťata s bakterií *Borrelia* měli zejména urbanizovaní kosi. Městští jedinci sice mají v průměru méně parazitujících klíšťat, ale pravděpodobnost nakažení lymfskou boreliózou mají vyšší, což by mohlo představovat zvýšené riziko také pro lidské zdraví. Evans et al. (2009) také zjistili nižší míru napadení městských kosů klíšťaty a to v německém Berlíně, lotyšské Rize, estonském Tallinnu a v Praze.

Se zvyšující se urbanizací roste u kosů zátěž kontaminace stopovými prvky, zejména kadmíem a olovem, jejichž přítomnost byla zjištěna z rozboru peří (Meillère et al. 2016).

### **3.8 Působení počasí**

#### **3.8.1 Teplota**

Průměrná teplota ve větších městech může být výrazně vyšší než teplota v okolí města, tento jev se označuje jako městský tepelný ostrov (Trnka et Grim 2014).

Signifikantní vliv teploty byl zjištěn na ranní činnost kosů při hledání potravy (Da Silva et al. 2017), kteří při chladnějších ránech začali s dřívějším sběrem potravy. Výzkum (Schäfer et al. 2017) prezentuje vyšší teplotu, jakožto pozitivní efekt pro kosa černého, kdy dostatečné zahřátí půdy umožňuje snadnější získání potravy (žížal) a příjmu více energie pro složitější zpěv se širším pásmem verše. S vyšší teplotou spotřebuje kos daleko méně energie na udržení vlastní tělesné teploty.

Další studie prezentuje nízké teploty jako faktor zpoždění počátku ranní zpěvné aktivity kosů (Nordt et Klenke 2013), zatímco jiný článek (Da Silva et al. 2015) vykazuje opak, tudíž že vlivem nízké teploty kos začal zpívat dříve. Ke stejné problematice se vyjadřují i Dominoni et al. (2014) s názorem, že vyšší teploty ovlivnily dřívější nástup zpěvu městských jedinců, ačkoli tento vztah ztratil efekt při vysokých teplotách. Na večerní průběh vokalizace neměla teplota ve městech vliv.

#### **3.8.2 Déšť**

Významný vliv na ranní zpěvnou aktivitu kosa má déšť. Studie poukazují na snížený či opožděný zpěv během srážek (Da Silva et al. 2014; 2015; Hasan 2010).

### **3.8.3 Vítr**

Hasan (2010) ve svém článku uvádí, že jeden z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující ranní načasování vokalizace kosa je silný vítr, který se společně s deštěm výrazně podílel na zpoždění začátku zpěvu.

### **3.8.4 Oblačnost**

Zatažená obloha nebyla vyhodnocena jako faktor ovlivňující začátek hlasové aktivity kosa v městském prostředí. Na rozdíl od lesní populace, kde byl zjištěn průkazný vztah mezi oblačností a ranní aktivitou, která byla vlivem oblačnosti zpožděna (Dominoni et al. 2014). Vliv oblačnosti byl zjištěn v Lipsku roku 2011, ale Nordt et Klenke (2013) to vysvětlují tím, že zamračená obloha způsobila odraz nočního osvětlení, čímž zesílil jas oblohy s účinkem umělého osvětlení.

## 4. Metodika

### 4.1 Sledované lokality

Nahrávky zpěvu kosa černého byly pořizovány na území hlavního města Prahy (Obrázek 1) a v blízkosti města Beroun (Obrázek 2) ležícího ve Středočeském kraji. Nahrávání probíhalo na čtyřech typech lokalit.

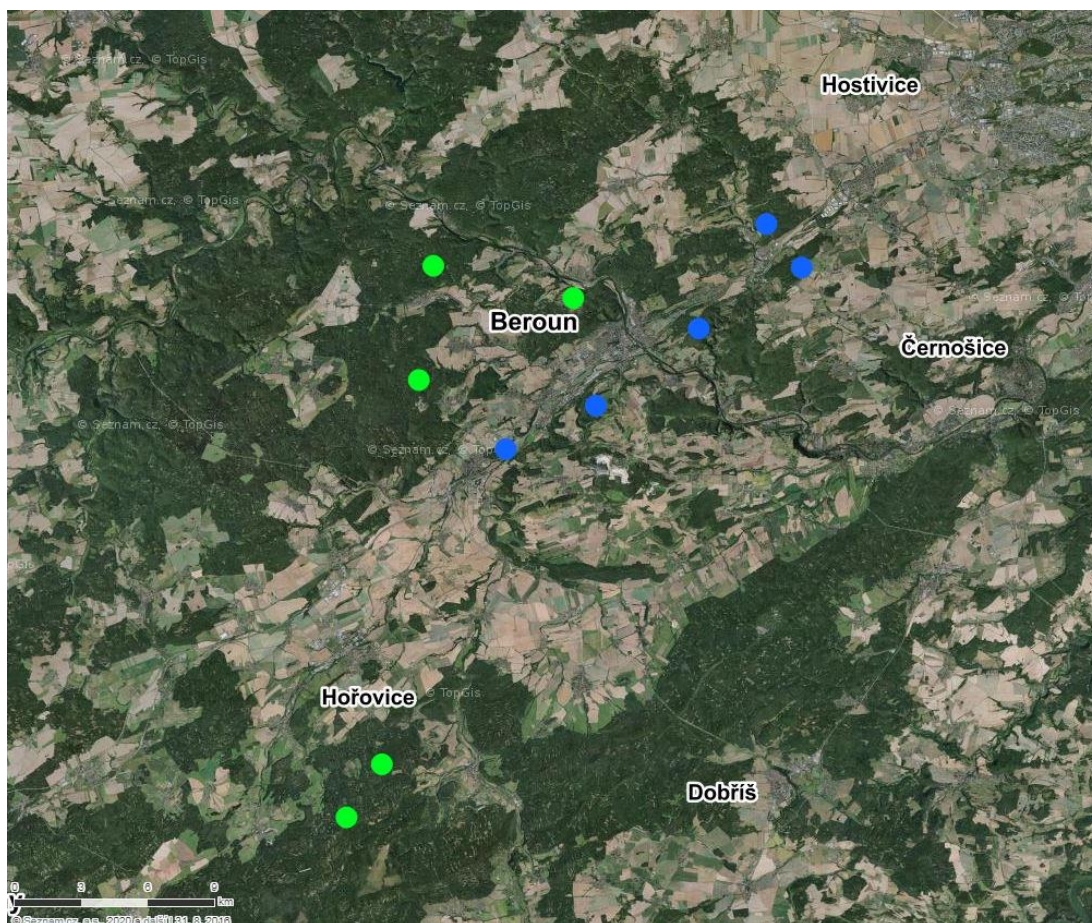
- 1) Lokality s hlukovým i světelným znečištěním – osvětlené městské parky situovány poblíž silničních komunikací.
- 2) Lokality se světelným znečištěním – klidné části osvětlených městských parků.
- 3) Lokality s hlukovým znečištěním – znečištění vlivem dopravních komunikací.
- 4) Lokality bez hlukového a světelného znečištění – klidné lokality, které nejsou ovlivněny ani jedním zmíněným antropogenním znečištěním.

Výběr vhodných lokalit s teritoriem kosa černého byl před zahájením nahrávání prověřen. Pražské oblasti nahrávání, které zastupovaly světelně i hlukově znečištěné lokality, byly vybrány na základě hlukové mapy Prahy (Přílohy 2).



Obrázek 1: Sledované lokality na území hlavního města Prahy. Červeně jsou vyznačené lokality se světelným i hlukovým znečištěním (zleva: obora Hvězda, Ladronka, Kinského zahrada, Letenské sady). Žlutě jsou vyznačené lokality se světelným znečištěním (zleva: Ladronka, Petřín, Letenské sady, Stromovka). Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)





Obrázek 2: Sledované lokality v okolí města Beroun. Zeleně jsou vyznačené lokality bez hlukového i světelného znečištění (zleva: CHKO Brdy (2 lokality), CHKO Křivoklátsko (2 lokality), Beroun-Zdejcina). Modře jsou vyznačené lokality s hlukovým znečištěním (zleva: Zdice-Knihov, Beroun-Jarov, CHKO Český kras, PP Povodí Kačáku, Loděnice). Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 4.2 Sběr dat

Data byla pořizována na území hlavního města Prahy a v blízkosti města Beroun. Nahrávání probíhalo jednou týdně od 6. 3. 2015 do 29. 5. 2015 na čtyřech typech lokalit: lokality se světelným znečištěním, lokality s hlukovým znečištěním, lokality s oběma faktory znečištění a lokality bez jakéhokoli znečištění (Tabulka 1). Nahrávky hlasové aktivity kosa černého byly zaznamenávány po dobu 24 hodin pomocí diktafonů Sony typu ICD. Ochranný obal bránil poškození diktafonů před vlivy počasí a sloužil k ukrytí zařízení, které bylo nejčastěji uschované v křoví nebo na stromě. Umístění jednotlivých diktafonů od sebe bylo vzdálené na nejméně 300 m, čímž se chtělo docílit situace, aby se v teritoriu pěvce vyskytoval pouze jeden diktafon a předešlo se záznamům jednoho jedince na dvou diktafonech zároveň.

Z důvodu špatného počasí se v 9–12 týdnu v Praze vůbec nenahrávalo.

Tabulka 1: Sledované lokality.

Týden roku 2015	Datum	Hlukové a světelné znečištění	Světelné znečištění	Hlukové znečištění	Bez hlukového a světelného znečištění
9.	6.3.2015			CHKO Český kras	Beroun - Zdejcina, les
10.	13.3.2015			PP Povodí Kačáku	CHKO Křivoklátsko
11.	20.3.2015			Zdice - Knihov, lesopark	CHKO Brdy
12.	27.3.2015			CHKO Český kras	Beroun - Zdejcina, les
13.	3.4.2015	Kinského zahrada	Petřín	Loděnice, les	CHKO Křivoklátsko
14.	10.4.2015	Letenské sady	Letenské sady	Zdice - Knihov, lesopark	CHKO Brdy
15.	17.–18.4.2015	Obora Hvězda	Park Ladronka	Beroun - Jarov, les	CHKO Brdy
16.	24.4.2015	Kinského zahrada	Petřín	PP Povodí Kačáku	CHKO Brdy
17.	1.–2.5.2015	Park Ladronka	Park Ladronka	Zdice - Knihov, lesopark	CHKO Křivoklátsko
18.	8.5.2015	Letenské sady	Stromovka	CHKO Český kras	CHKO Křivoklátsko
19.	15.5.2015			Beroun - Jarov, les	
20.	22.5.2015	Kinského zahrada	Petřín	Zdice - Knihov, lesopark	CHKO Křivoklátsko
21.	29.5.2015	Park Ladronka	Park Ladronka	Beroun - Jarov, les	CHKO Brdy

### 4.3 Vyhodnocování nahrávek

Nahrávky první hodiny po východu slunce byly rozděleny do čtyř patnáctiminutových intervalů. V daných intervalech se následně vymezovaly jednotlivé strofy vokalizace, které byly zaznamenávány v programu Avisoft-SASLab Pro 5.2, jenž byl předem správně nakonfigurován. V nabízené funkci Time Domain Filter (FIR) byl nastaven Band Pass pro nejnižší frekvenci 1,5 kHz a nejvyšší frekvenci 10 kHz – filtr slouží k redukci šumu v pozadí (v tomto případě byl redukován hluk ze silniční i letecké dopravy). Celkem bylo vyhodnoceno 41 nahrávek po 164 patnáctiminutových úsecích. V 10 nahrávkách nebyla zjištěna vokalizace kosa černého, důvodem bylo ukončení vokalizace jedincem ještě před východem slunce. Výstupní tabulková data nesla údaje o počtu strof a délce vokalizace.

Pro kompletní vyhodnocení vokalizace byla použita již existující data z časového úseku tří hodin před východem slunce.

### 4.4 Analýza dat

Ke statistické analýze dat byl použit program R verze 3.5.1. (R Core Team 2018) a software RStudio, který byl obohacen o balíčky *car* (Fox et Weisberg 2019) pro funkci Anova, *ggplot2* (Wickham 2016) pro grafickou vizualizaci dat a také *plyr* (Wickham 2011) pro úpravu dat. Ke statistickému zpracování byly aplikovány lineární modely, jejichž předpoklady byly na základě diagnostických grafů vyhodnoceny jako splněné (Přílohy 3, Přílohy 4). Vysvětlovanými proměnnými byly délky zpěvů a počty strof, ke kterým náležely vysvětlované proměnné odpovídající typům sledovaných lokalit (hluk, světlo, interakce hluku a světla) a aspektů počasí.



Hladina významnosti byla pro všechny výpočty určena na 0,05. To znamená, že výsledek byl statisticky významný, pokud byla jeho p-hodnota menší než 0,05.

Jako první byl vyhodnocen vliv lokality a počasí na počátek vokalizace, poté byl vyhodnocen vliv lokality a počasí na celkovou délku vokalizace. Zkoumán byl i vliv lokality a počasí na počet strof hodinu po východu slunce (u převzatých dat před východem slunce nebyl počet strof zaznamenáván).

Faktory počasí byly určeny primárně pro statistickou kontrolu, ale bylo dobré zjistit jejich multikolinearitu pro případ, že by byl interpretován i vliv faktorů počasí.

#### 4.4.1 Multikolinearita

Smyslem multikolinearity je zjistit intenzitu závislosti mezi pozorovanými proměnnými. Jak již bylo zmíněno výše, cílem byla statistická kontrola faktorů počasí a nikoli zkoumání jejich hladiny významnosti, z tohoto důvodu by ani případná multikolinearita nebyla problémem. Multikolinearita byla zjišťována dvojím způsobem – korelací a variačně inflačním faktorem.

Testování korelace probíhá pomocí funkce *cor*. Výstup je ve formě korelační matice, ze které lze vyčíst velikost vazeb mezi jednotlivými faktory počasí, která má za následek potencionální zvážení vyloučení faktoru s vysokou mírou závislosti. Kladný korelační koeficient znamená, že s rostoucí hodnotou jedné proměnné roste v průměru i hodnota druhé proměnné. Záporný korelační koeficient značí, že pokud hodnota jedné proměnné stoupá, hodnota druhé proměnné (v průměru) klesá.

Korelační koeficient pro vztah vlhkosti a větru má hodnotu -0,6, tudíž z něj vyplývá, že mezi vlhkostí a větrem je silnější míra závislosti. Dále lze poukázat na vztah teploty s větrem (-0,4) a také vlhkosti s oblačností (0,4), které znamenají středně silnou korelaci (Tabulka 2). Pro účel statistické kontroly nemusí být prediktory počasí významné, zkoumané jsou pouze pro kontrolu, z tohoto důvodu zůstanou v modelu zachovány všechny prediktory.

Tabulka 2: Tabulka korelačních koeficientů faktorů počasí.

	teplota	vlhkost	vítr	tlak	oblačnost
teplota	1	-	-	-	-
vlhkost	0,385	1	-	-	-
vítr	-0,410	-0,634	1	-	-
tlak	-0,188	-0,006	-0,227	1	-
oblačnost	-0,174	0,421	-0,197	0,217	1

Korelace nepostihuje všechny možné typy vazeb mezi více prediktory, zabývá se korelací pouze ve dvojici. Proto byla otestována i multikolinearita, a to pomocí tzv. variační inflačního faktoru, implementovaného do funkce *vif* balíčku *car*. Inflační faktor rozptylu prezentuje, kolikrát se zhorší rozptyl odhadu regresního koeficientu pro proměnnou vlivem korelovanosti s dalšími proměnnými. Čím vyšší je hodnota inflačního faktoru, tím vyšší je multikolinearita.

Všechny vysvětlující proměnné mají inflační faktor nízký ( $VIF < 4$ ), tudíž lze považovat vliv multikolinearity na střední chybu odhadu regresních koeficientů za nepodstatný (Tabulka 3).

Tabulka 3: Tabulka hodnot variačně inflačního faktoru.

hluk	světlo	teplota	vlhkost	vítr	tlak	oblačnost
1,005	1,486	1,871	2,365	2,047	1,294	1,912

## 5. Výsledky

### 5.1 Vliv lokality a počasí na počátek vokalizace

Z výsledků lineárního modelu závislosti počátku vokalizace kosa černého na lokalitách s hlukovým a světelným znečištěním vyplývá, že na světelně znečištěných lokalitách začíná kos zpívat zhruba o 48 minut dříve (střední chyba  $\pm 8,6$  minut) než na lokalitách bez světelného a hlukového znečištění. Vliv hlukového znečištění významný nebyl (Obrázek 3;  $F = 5,103$ ;  $DF = 7, 33$ ;  $p$ -hodnota =  $5,269e-04$ ;  $R^2 = 52 \%$ ; tabulka koeficientů (Tabulka 4), tabulka analýzy rozptylu modelu (Tabulka 5).

Také byl zjišťován vliv vybraných faktorů počasí (teplota, vlhkost, vítr, tlak a oblačnost) na počátek vokalizace kosa černého. Faktor srážek nebyl do statistické analýzy uveden z důvodu ojedinělého výskytu. Velmi blízko konvenční hladiny 0,05 se nachází faktor oblačnosti s  $p$ -hodnotou 0,056 (Tabulka 5, Obrázek 4), nicméně ani ten není považován za statisticky významný.

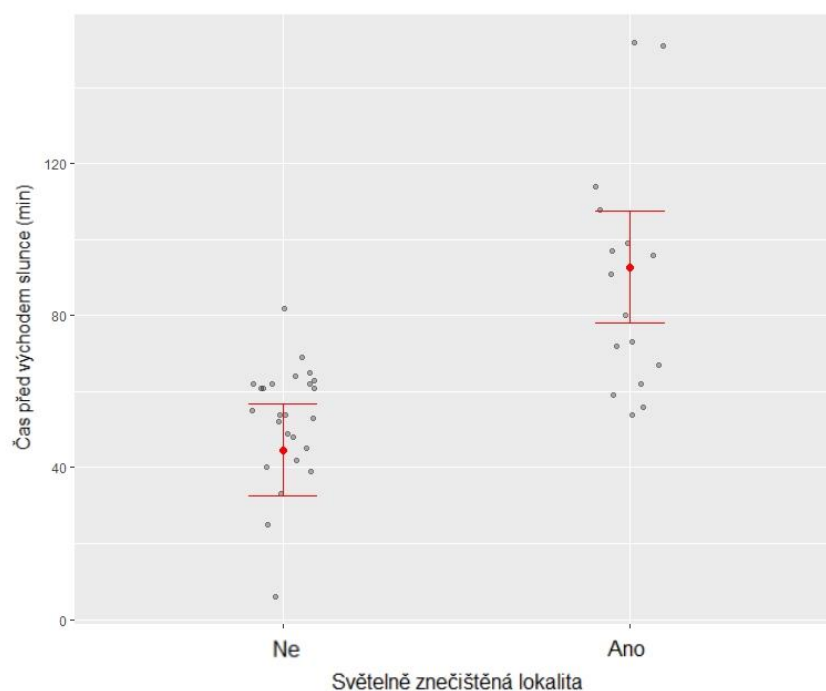
Tabulka 4: Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti počátku vokalizace na hlukovém a světelném znečištění a vybraných ukazatelích počasí.

	Odhad koeficientů	Střední chyba	T-hodnota	P-hodnota
(Intercept)	-588,790	682,183	-0,863	0,394
hluk	6,636	6,906	0,961	0,344
světlo	48,157	8,606	5,596	3.17e-06
teplota	-2,108	1,154	-1,827	0,077
vlhkost	0,212	0,370	0,573	0,570
vítr	-0,992	0,982	-1,009	0,320
tlak	0,635	0,663	0,959	0,345
oblačnost	-10,295	5,199	-1,980	0,056

Tabulka 5: Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných na počátek vokalizace.

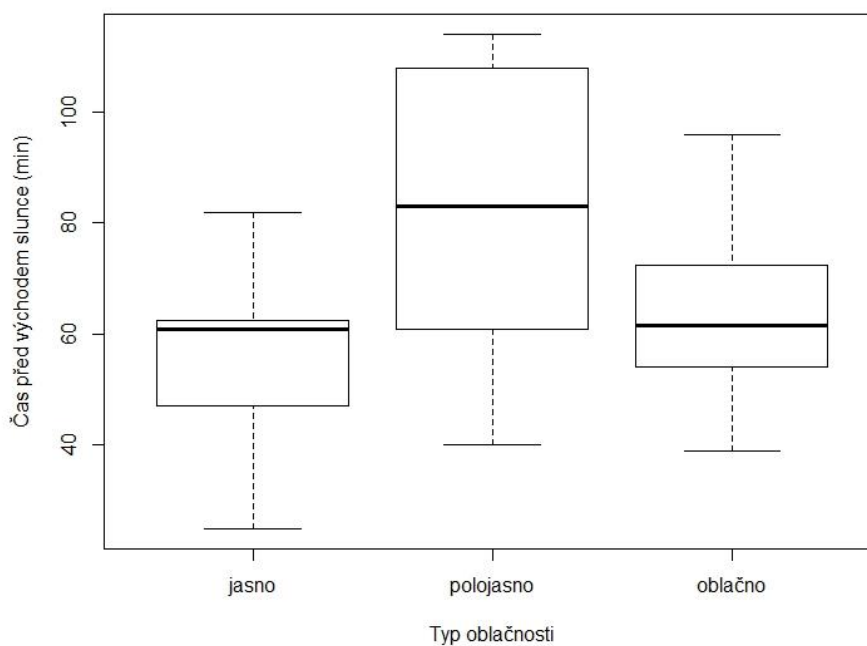
	Součet čtverců	Stupně volnosti	F-hodnota	P-hodnota
hluk	448,900	1	0,923	0,345
světlo	15225,300	1	31,316	3.174e-06
teplota	1623,000	1	3,338	0,077
vlhkost	159,700	1	0,329	0,570
vítr	495,500	1	1,019	0,320
tlak	447,100	1	0,920	0,345
oblačnost	1906,700	1	3,922	0,056
Reziduální složka	16044,100	33		

### Predikovaný začátek vokalizace kosa černého



Obrázek 3: Graf s konfidenčním intervalem znázorňující predikci lineárního modelu, který vysvětluje vliv světelného znečištění na počátek vokalizace kosa černého. Body v grafu znázorňují jednotlivá měření. Predikce byla vyhodnocena s průměrnými hodnotami prediktorů počasí (teplota = 5,8 °C; relativní vlhkost vzduchu = 74 %; vítr = 4,6 m/s (odpovídající mírnému větru); tlak = 1017 hPa; částečná oblačnost).

### Vliv oblačnosti na počátek vokalizace



Obrázek 4: Krabicový graf znázorňující závislost počátku vokalizace kosa černého na míře oblačnosti. Pro detailnější zobrazení byly z grafu odebrány odlehlé hodnoty.

## 5.2 Vliv lokality a počasí na celkovou délku vokalizace

Z výsledků lineárního modelu závislosti celkové délky vokalizace kosa černého na hlukovém znečištění, světelném znečištění, interakce světelného a hlukového znečištění a vybraných ukazatelích počasí vyplývá, že žádný z uvedených prediktorů neměl v časovém úseku tří hodin před východem slunce a jednu hodinu po východu slunce na celkovou délku vokalizace vliv. Velmi blízko konvenční hladiny 0,05 se nachází faktor světelného znečištění s p-hodnotou 0,056 (Tabulka 7, Obrázek 5), nicméně ani ten není považován za statisticky významný ( $F = 0,946$ ;  $DF = 8, 32$ ; p-hodnota = 0,494;  $R^2 = 19 \%$ ; tabulka koeficientů (Tabulka 6), tabulka analýzy rozptylu (Tabulka 7).

Také byl zjišťován vliv vybraných faktorů počasí (teplota, vlhkost, vítr, tlak a oblačnost) na celkovou délku vokalizace kosa černého. Faktor srážek nebyl do statistické analýzy uveden z důvodu ojedinělého výskytu. Žádný z uvedených faktorů počasí není považován za statisticky významný, což znamená, že žádný faktor počasí neměl na celkovou délku vokalizace kosa černého vliv.

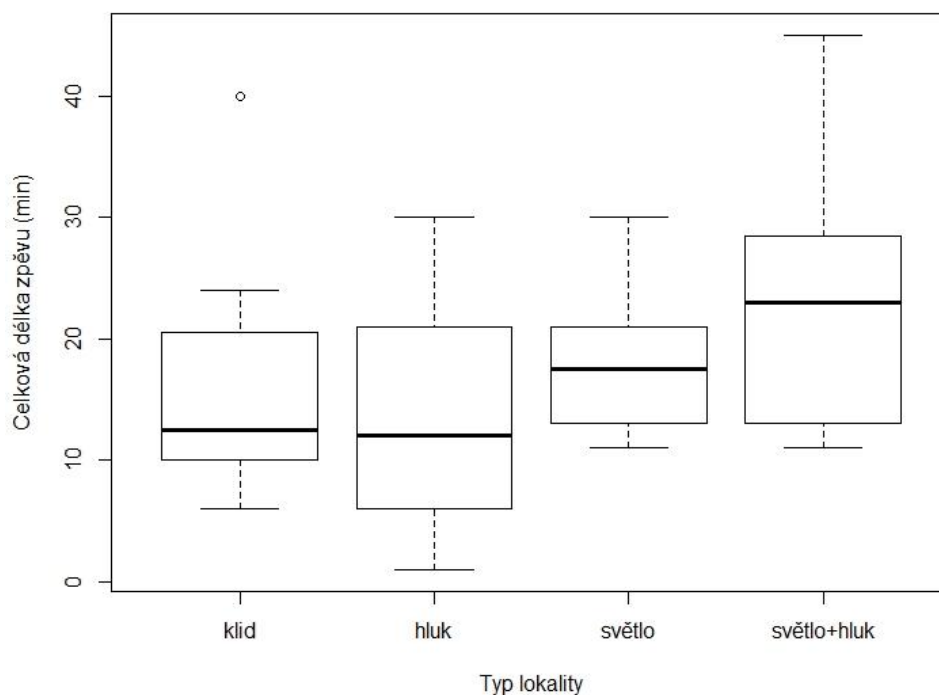
Tabulka 6: Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti celkové délky vokalizace na hlukovém, světelném a interakce hlukového a světelného znečištění a vybraných ukazatelích počasí.

	Odhad koeficientů	Střední chyba	T-hodnota	P-hodnota
(Intercept)	141,428	288,049	0,491	0,627
hluk	-2,443	3,863	-0,632	0,532
světlo	2,200	4,821	0,456	0,651
teplota	-0,054	0,493	-0,109	0,914
vlhkost	0,030	0,156	0,190	0,851
vítr	-0,453	0,515	-0,880	0,385
tlak	-0,122	0,280	-0,437	0,665
oblačnost	-0,648	2,181	-0,297	0,768
hluk+světlo	7,568	6,108	1,239	0,224

Tabulka 7: Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na celkovou délku vokalizace.

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Ø součet čtverců	F-hodnota	P-hodnota
hluk	1	2,490	2,490	0,028	0,869
světlo	1	352,800	352,800	3,941	0,056
teplota	1	49,940	49,940	0,558	0,461
vlhkost	1	33,420	33,420	0,373	0,546
vítr	1	64,940	64,940	0,726	0,401
tlak	1	32,990	32,990	0,369	0,548
oblačnost	1	3,180	3,180	0,036	0,852
hluk+světlo	1	137,440	137,440	1,535	0,224
Reziduální složka	32	2864,410	2864,410		

### Vliv lokality na celkovou délku vokalizace



Obrázek 5: Krabicový graf znázorňující závislost celkové délky vokalizace kosa černého na typu lokality. V grafickém zobrazení se také nachází odlehlá hodnota (symbol  $\circ$ ), která je vzdálená od zbylých pozorovaných hodnot a neodpovídá pozorovanému rozdělení.

### 5.3 Vliv lokality a počasí na délku vokalizace hodinu po východu slunce

Z výsledků lineárního modelu závislosti délky vokalizace kosa černého na hlukovém znečištění, světelném znečištění, interakce světelného a hlukového znečištění, lokalit bez světelného i hlukového znečištění vyplývá, že žádný z uvedených prediktorů lokality neměl v časovém úseku 1 hodiny po východu slunce na délku vokalizace vliv (Obrázek 6;  $F = 1,097$ ;  $DF = 8, 32$ ;  $p$ -hodnota =  $0,391$ ;  $R^2 = 21,5 \%$ ; tabulka koeficientů (Tabulka 8), tabulka analýzy rozptylu modelu (Tabulka 9).

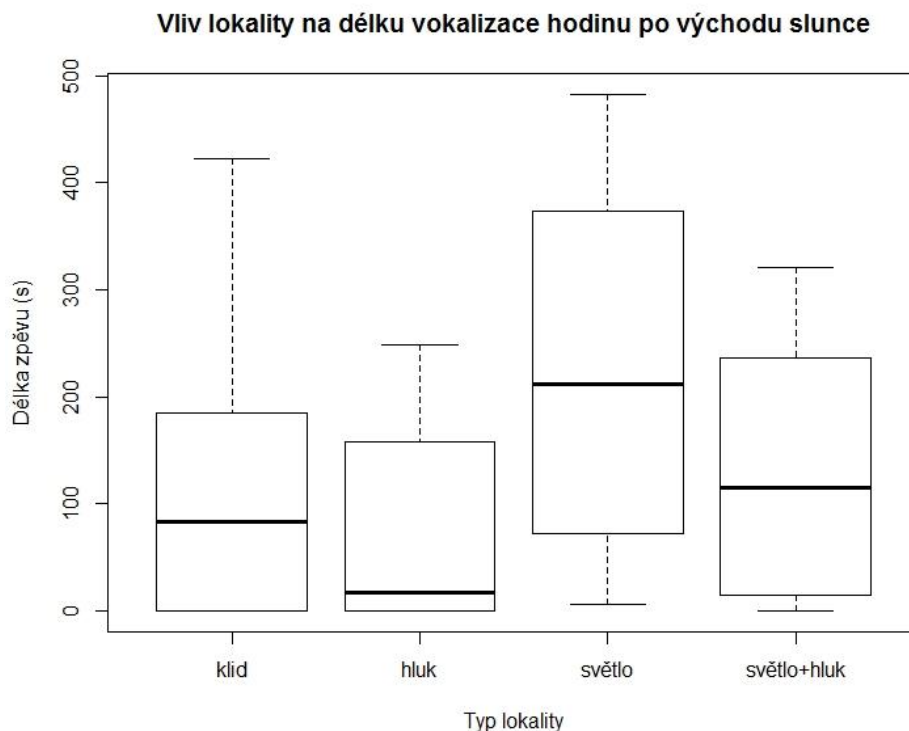
Také byl zjišťován vliv vybraných faktorů počasí (teplota, vlhkost, vítr, tlak a oblačnost) na délku zpěvu kosa černého. Faktor srážek nebyl do statistické analýzy uveden z důvodu ojedinělého výskytu. Žádný z uvedených faktorů počasí není považován za statisticky významný, což znamená, že žádný faktor počasí neměl na celkovou délku vokalizace kosa černého vliv.

Tabulka 8: Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti délky vokalizace hodinu po východu slunce na hlukovém, světelném, interakce hlukového a světelného znečištění a vybraných ukazatelích počasí.

	Odhad koeficientů	Střední chyba	T-hodnota	P-hodnota
(Intercept)	10066,775	5705,364	1,764	0,087
hluk	8,304	74,060	0,112	0,911
světlo	36,545	92,867	0,394	0,697
teplota	3,165	9,645	0,328	0,745
vlhkost	-4,669	3,091	-1,511	0,141
vítr	-17,840	8,211	-2,173	0,037
tlak	-9,413	5,542	-1,699	0,099
oblačnost	61,261	43,466	1,409	0,168
hluk+světlo	-101,931	118,224	-0,862	0,395

Tabulka 9: Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na délku vokalizace hodinu po východu slunce.

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Ø součet čtverců	F-hodnota	P-hodnota
hluk	1	12526	12526	0,369	0,548
světlo	1	18068	18068	0,532	0,471
teplota	1	9849	9849	0,290	0,594
vlhkost	1	2150	2150	0,063	0,803
vítr	1	102284	102284	3,011	0,092
tlak	1	62489	62489	1,840	0,184
oblačnost	1	65496	65496	1,928	0,175
hluk+světlo	1	25250	25250	0,743	0,395
Reziduální složka	32	1086982	33968		



Obrázek 6: Krabicový graf znázorňující závislost délky vokalizace kosa černého na všech sledovaných typech lokality. Pro detailnější zobrazení byly z grafu odebrány odlehle hodnoty, kdy jedna z hodnot dosahovala až k délce 700 s dlouhé vokalizace na hlukem znečištěné lokalitě.

#### 5.4 Vliv lokality a počasí na počet strof hodinu po východu slunce

Z výsledků lineárního modelu závislosti počtu strof kosa černého na hlukovém znečištění, světelném znečištění, interakce světelného a hlukového znečištění, lokalit bez světelného i hlukového znečištění a vybraných ukazatelích počasí vyplývá, že žádný z uvedených prediktorů neměl v časovém úseku jedné hodiny po východu slunce na počet strof vliv (Obrázek 7;  $F = 1,028$ ;  $DF = 8, 33$ ;  $p$ -hodnota = 0,431;  $R^2 = 18 \%$ ; tabulka koeficientů (Tabulka 10), tabulka analýzy rozptylu modelu (Tabulka 11).

Také byl zjišťován vliv vybraných faktorů počasí (teplota, vlhkost, vítr, tlak a oblačnost) na počet strof kosa černého hodinu po východu slunce. Faktor srážek nebyl do statistické analýzy uveden z důvodu ojedinělého výskytu. Žádný z uvedených faktorů počasí není považován za statisticky významný, což znamená, že žádný faktor počasí neměl vliv na počet strof kosa černého.



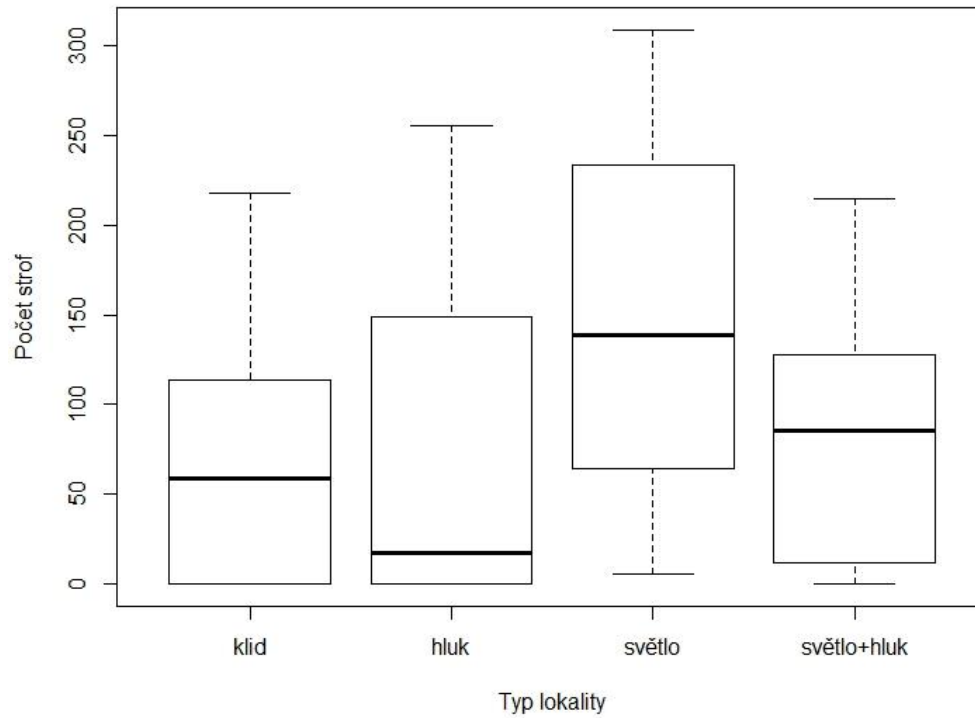
Tabulka 10: Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti počtu strojů na hlukovém, světelném, interakce světelného a hlukového znečištění a vybraných ukazatelích počasí.

	Odhad koeficientů	Střední chyba	T-hodnota	P-hodnota
(Intercept)	8478,242	4448,312	1,906	0,065
hluk	2,853	45,035	0,063	0,950
světlo	-36,066	56,114	-0,643	0,525
teplota	1,219	7,524	0,162	0,872
vlhkost	-1,919	2,411	-0,796	0,432
vítr	-12,120	6,405	-1,892	0,067
tlak	-8,075	4,320	-1,869	0,071
oblačnost	41,336	33,898	1,219	0,231

Tabulka 11: Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na počet strojů hodinu.

	Stupně volnosti	Součet čtverců	Ø součet čtverců	F-hodnota	P-hodnota
hluk	1	8	8	0,001	0,984
světlo	1	1469	1469	0,071	0,791
teplota	1	8393	8393	0,406	0,528
vlhkost	1	17590	17590	0,851	0,363
vítr	1	36861	36861	1,783	0,191
tlak	1	53677	53677	2,597	0,117
oblačnost	1	30740	30740	1,287	0,231
Reziduální složka	33	682191	20672		

### Vliv lokality na počet strojů hodinu po východu slunce



Obrázek 7: Krabicový graf znázorňující závislost počtu strojů kosa černého na všech sledovaných typech lokalit. Pro detailnější zobrazení byly z grafu odebrány odlehlé hodnoty, kdy jedna z hodnot dosahovala až k počtu 700 strojů na hlukem znečištěné lokalitě.

## 6. Diskuze

Výzkum spočíval ve vyhodnocení a posouzení nahrávek z roku 2015 v časovém úseku 60 minut po východu slunce. Data zpěvu kosa černého byla statisticky vyhodnocena a porovnána se zpěvnou aktivitou zaznamenanou do východu slunce na čtyřech typech lokalit: lokality se světelným znečištěním; lokality s hlukovým znečištěním; lokality se světelným i hlukovým znečištěním; lokality bez světelného a hlukového znečištění. Vybrané meteorologické prvky (teplota, tlak, vítr, vlhkost a oblačnost) byly také součástí tohoto výzkumu.

Výsledky této studie potvrzují vliv umělého osvětlení na hlasovou aktivitu kosa, zejména na dobu načasování ranní vokalizace, která měla prokázaný posun o 48 minut, tzn., že kos začíná zpívat dříve na světelně ovlivněných lokalitách. U ranní vokalizace kosa černého byl dřívější nástup ovlivněn světlem o téměř hodinu (Kempenaers et al. 2010; Dominoni et al. 2014). Na brzký nástup ranní vokalizace poukazuje několik dalších studií, které se zaměřovaly na vokalizaci pěvců v oblastech se světelným znečištěním (Da Silva et al. 2016). Například Hasan (2010) uvádí posun v načasování ranního zpěvu vlivem umělého osvětlení u bulbula zahradního (*Pycnonotus barbatus*). Dřívější nástup z důvodu světelného znečištění byl zaznamenán u sýkory modřínky (*Cyanistes caeruleus*), sýkory koňadry (*Parus major*) a červenky obecné (*Erithacus rubecula*), která měla hodinový rozdíl, zatímco pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*) nevykazovala změny ve světelných oblastech (Kempenaers et al. 2010). Rovněž i drozd stěhovavý (*Turdus migratorius*) byl ovlivněn (Miller 2006) a zahájil ranní vokalizaci v průměru o 49 minut dříve. Naopak u strnadce ranního (*Zonotrichia capensis*) nebylo světlo signifikantním faktorem na načasování zpěvu (Dorado-Correa et al. 2016). Stejnou otázkou se zabývala Žilinčíková (2016) u budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*), která také potvrzuje důsledky změny ranního zpěvu na světelně ovlivněných lokalitách.

Dopady antropogenního hluku na populaci ptáků byly předmětem výzkumu v mnoha studiích (Evans et al. 2010). Hluk může být způsobený rozvojem měst, zvětšující se dopravní komunikací nebo při získávání důležitých surovin (Barber et al. 2010). Dvě nejdůležitější funkce ptačí komunikace jsou námluvy, kdy samec zpěvem vábí samičku, a varovné signály, kterými si hájí hnízdní teritorium nebo varují své okolí před blížícím se predátorem. Obě tyto funkce jsou velmi omezeny ve zvýšeném antropogenním hluku, kdy dochází k rušení akustických signálů, případně nejsou

dané signály v okolním šumu ani zaznamenány (Slabbekoorn et Ripmeester 2008). V této práci nebyl hluk vyhodnocen jako vlivný faktor.

Někteří se ve svých pracích zabývali i interakcí světelného znečištění s hlukovým. Výsledkem bylo zjištění, že čím více nočního osvětlení a hluku působilo na městské kosa, tím více byli ovlivněni a posouvali začátek zpěvu vokalizace (Nordt et Klenke 2013). Antropogenní hluk byl označen jako vlivnější faktor než umělé noční osvětlení (Dorado-Correa et al. 2016; Fuller et al. 2007).

Zkoumané prvky počasí nebyly statisticky významné, tudíž nejsou považovány za vlivné faktory mající dopad na zpěv kosa po dobu pozorovaného úseku. Tato skutečnost je zarážející v porovnání s mnoha články, které určují například teplotu jako velmi signifikantní aspekt, ať už po negativní či pozitivní stránce (Da Silva et al. 2015; Dominoni et al. 2014; Schäfer et al. 2017). Zpoždění začátku zpěvu vlivem počasí bylo přisuzováno zejména silnému větru a dešti (Da Silva et al. 2014; 2015; Hasan 2010). Výsledky této práce poukazují na světelné znečištění jakožto na silnější hledisko závislosti na hlasové aktivitě, než je vliv aspektů počasí, které nedosahují takové důležitosti.

Kos černý je jedním z nejlépe studovaných urbanizovaných druhů ptáků, přesto nejsou zjištěné všechny formy morfologických změn nebo fyziologické či behaviorální rozdíly mezi městskými a přirozenými, tj. lesními populacemi (Saccavino et al. 2018). Vyniká v rychlosti adaptace své životní strategie na neustálou změnu lidského prostředí (Ibáñez-Álamo et Soler 2010), například v oblastech se zvýšeným antropogenním hlukem zvyšuje kos svoji frekvenci zpěvu (Nemeth et al. 2013), aby překonal okolní šum.

S přibývajícím počtem výzkumů by bylo vhodné posoudit lidský dopad na život zvířat a pomocí porozumění problematiky, zohlednit nejvíce vlivné faktory v biologii ochrany či v plánech na ochranu druhů (Rabin et al. 2003). Hedblom et al. (2014) nabádají, aby velká města rozšiřovala své městské parky a zelené oblasti, čímž mohou pomoci zachovat druhovou rozmanitost ptáků ve městech.

## 7. Závěr a přínos práce

Tato bakalářská práce měla za cíl ověřit vliv světelného znečištění a hlukového znečištění, jakožto negativních faktorů antropogenní činnosti. Předmětem zkoumání byly 4 kategorizované lokality rozdělené podle formy znečištění, které byly porovnány s daty ranní hlasové aktivity kosa černého (*Turdus merula*).

Z analýzy počátku vokalizace kosa na různě znečištěných lokalit vyplývá, že výrazný posun doby začátku zpěvu byl pouze zapříčiněn světelným znečištěním, tzn. umělého osvětlení v centru velkoměsta. V městských parcích bylo zaznamenáno načasování zpěvu dříve o zhruba 48 minut než v klidných lokalitách, tj. klidná lesní lokalita bez světelného i bez hlukového znečištění.

Celková délka vokalizace kosa během sledovaného úseku 4 hodin nebyla ovlivněna ani světelným, ani hlukovým znečištěním. V oblastech umělého osvětlení zahájil kos svůj zpěv sice dříve, ale jeho intenzita zřejmě nebyla tak častá oproti ostatním lokalitám, anebo zpíval nápadně kratší písně.

V časovém období 60 minut po východu slunce nebyl zaznamenán signifikantní vliv délky hlasové aktivity pozorované na všech 4 typech zkoumaných lokalit. Předpoklad byl, že pokud kos začne zpívat dříve, jak bylo dokázáno na světlem ovlivněných lokalitách, tak že svůj výstup také dříve ukončí. Přestože byl posun v počátku vokalizace veliký, jeho dřívější ukončení nebylo potvrzené. Možnou vysvětlovanou teorií může být to, že kos uměle natahuje dobu zpěvu, což by mohlo zapříčinit velký výdej energie vedoucí k většímu vyčerpání jedince a případně k podpoření hypotézy o problematice rozmnožování z důvodu nedostatku sil.

Ani počet strof, jenž kos nazpíval během první hodiny po východu slunce, nebyl vlivem lokality statisticky prokázán. Není jisté, že je doba 60 minut po východu slunce dostačující. Doporučovala bych časový úsek prodloužit o další hodinu, ve které může kos eventuálně pokračovat ve svém zpěvu.

Zkoumané meteorologické prvky neměly signifikantní výsledek na ovlivňování délky zpěvu po celou pozorovanou dobu.

Navrhovala bych více se zaměřit na jednotlivé zpěvné strofy, ověřit tím tak jejich skutečnou délku během ranní aktivity a zaměřit se i na výšku frekvence. Zajímavou studií by mohlo být ověření vlivu srážek na zpěv kosa černého.

## 8. Seznam použité literatury

BARBER J.R., CROOKS K.R. et FRISTRUP K.M., 2010: The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology and Evolution* **25**(3): 180–189.

BEJČEK V. et ŠŤASTNÝ K., 2006: Ptáci: encyklopedie. Encykloped, 3. vyd. Čestlice: Rebo, 288 s.

BRUMM H. et SLABBEKOORN H., 2005: Acoustic communication in noise. *Advances in the Study of Behavior* **35**: 151–209.

CATCHPOLE C.K. et SLATER P.J., 2008: Bird Song: Biological Themes and Variations. 2. vyd. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 348 s.

DA SILVA A., SAMPLONIUS J.M., SCHLICHT E., VALCU M. et KEMPENAERS B., 2014: Artificial night lighting rather than traffic noise affects the daily timing of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Behavioral Ecology*, Oxford University Press **25**(5): 1037–1047.

DA SILVA A., VALCU M. et KEMPENAERS B., 2015: Light pollution alters the phenology of dawn and dusk singing in common European songbirds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Royal Society of London **370**(1667).

DA SILVA A., VALCU M. et KEMPENAERS B., 2016: Behavioural plasticity in the onset of dawn song under intermittent experimental night lighting. *Animal Behaviour*, Academic Press **117**: 155–165.

DA SILVA A., DIEZ-MÉNDEZ D. et KEMPENAERS B., 2017: Effects of experimental night lighting on the daily timing of winter foraging in common European songbirds. *Journal of Avian Biology*, Blackwell Publishing Ltd **48**(6): 862–871.

DOMINONI D.M., GOYMANN W., HELM B. et PARTECKE J., 2013a: Urban-like night illumination reduces melatonin release in European blackbirds (*Turdus merula*): implications of city life for biological time-keeping of songbirds. *Frontiers in Zoology* **10**(60).

DOMINONI D.M., QUETTING M. et PARTECKE J., 2013b: Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, Royal Society **280**(1756).

DOMINONI D.M., CARMONA-WAGNER E.O., HOFMANN M., KRANSTAUBER B. et PARTECKE J., 2014: Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology*, Blackwell Publishing Ltd **83**(3): 681–692.

DOMINONI D.M. et PARTECKE J., 2015a: Does light pollution alter daylength? A test using light loggers on free-ranging european blackbirds (*Turdus merula*). *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Royal Society of London **370**(1667).

DOMINONI D.M., VAN'T HOF T.J. et PARTECKE J., 2015b: Social cues are unlikely to be the single cause for early reproduction in urban European blackbirds (*Turdus merula*). *Physiology and Behavior*, Elsevier Inc. **142**: 14–19.

DOMINONI D.M., 2017: Ecological effects of light pollution: How can we improve our understanding using light loggers on individual animals?. *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments*, Springer International Publishing 251-270.

DORADO-CORREA A.M., RODRÍGUEZ-ROCHA M. et BRUMM H., 2016: Anthropogenic noise, but not artificial light levels predicts song behaviour in an equatorial bird. *Royal Society Open Science*, Royal Society **3**(7).

DOWLING J.L., LUTHER D.A. et MARRA P.P., 2012: Comparative effects of urban development and anthropogenic noise on bird songs. *Behavioral Ecology* **23**(1): 201–209.

DUNGEL J. et HUDEC K., 2004: Atlas ptáků České a Slovenské republiky. 1. vyd. Praha: Academia, 249 s.

EVANS K.L., GASTON K.J., SHARP S.P., MCGOWAN A., SIMEONI M. et HATCHWELL B.J., 2009: Effects of urbanisation on disease prevalence and age structure in blackbird *Turdus merula* populations. *Oikos* **118**(5): 774–782.

EVANS K.L., HATCHWELL B.J., PARNELL M. et GASTON K.J., 2010: A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews* **85**(3): 643–667.

FELIX J., 2000: Ptáci zahrad a polí. Vademékum. 1. vyd. Praha: Aventinum, 96 s.

FERNÁNDEZ-JURICIC E. et TELLERÍA J.L., 2000: Effects of human disturbance on spatial and temporal feeding patterns of blackbird *Turdus merula* in urban parks in Madrid, Spain. *Bird Study* **47**(1): 13–21.

FORMÁNEK J., 2017: Hnízda pěvců České republiky. Atlasy. 1. vyd. Praha: Academia, 208 s.

FOX J. et WEISBERG S., 2019: An R Companion to Applied Regression, Third edition. Sage, Thousand Oaks CA, 472 s.

FULLER R.A, WARREN P.H. et GASTON K.J., 2007: Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters, Royal Society* **3**(4): 368–370.

GILBERT E.A., SOMPUD J. et SOMPUD C.B., 2017: A review on the impact of anthropogenic noise on birds. *Borneo Science* **38**(1): 28–35.

GOINES L. et LOUIS H., 2007: Noise Pollution: A modern plague. *Southern Medical Journal* **100**(3): 287–294.

GRÉGOIRE A., GARNIER S., DRÉANO N. et FAIVRE B., 2003: Nest predation in blackbirds and the influence of nest characteristics. *Ornis Fennica* **80**: 1–10.

GRYCZYŃSKA A., 2018: Urban and forest-living blackbirds *Turdus merula* as hosts of *Borrelia* spp. infected ticks. *Polish Journal of Ecology, Polish Academy of Sciences* **66**(3): 309–314.

HASAN N.M., 2010: The effect of environmental conditions on the start of dawn singing of blackbirds (*Turdus merula*) and Bulbuls (*Pycnonotidae*). *Jordan Journal of Biological Sciences* **3**(1): 13–16.

HEDBLÖM M., HEYMAN E., ANTONSSON H. et GUNNARSSON B., 2014: Bird song diversity influences young people's appreciation of urban landscapes. *Urban Forestry et Urban Greening, Urban und Fischer Verlag GmbH und Co. KG* **13**(3): 469–474.

HUDEK K. et ŠŤASTNÝ K., 2011: Fauna ČR Ptáci 3/I. Fauna ČR. 2. vyd. Praha: Academia, 643 s.

IBÁÑEZ-ÁLAMO J.D. et SOLER M., 2010: Does urbanization affect selective pressures and life-history strategies in the common blackbird (*Turdus merula* L.)? *Biological Journal of the Linnean Society* **101**(4): 759–766.



- JÄNNES H. et ROBERTS O., 2013: Ptáci našich lesů a zahrad. 1. vyd. Frýdek-Místek: Alpress, 64 s.
- KEMPENAERS B., BORGSTRÖM P., LOËS P., SCHLICHT E. et VALCU M., 2010: Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. *Current Biology* **20**(19): 1735–1739.
- LONGCORE T. et RICH C., 2004: Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment, Ecological Society of America* **2**(4): 191–198.
- MEILLÈRE A., BRISCHOUX F., BUSTAMANTE P., MICHAUD B., PARENTEAU Ch., MARCIAU C. et ANGELIER F., 2016: Corticosterone levels in relation to trace element contamination along an urbanization gradient in the common blackbird (*Turdus merula*). *Science of the Total Environment, Elsevier B.V.* **566–567**: 93–101.
- MENDES S., COLINO-RABANAL V.J. et PERIS S.J., 2011: Bird song variations along an urban gradient: the case of the European blackbird (*Turdus merula*). *Landscape and Urban Planning* **99**(1): 51–57.
- MILLER M. W., 2006: Apparent effects of light pollution on singing behavior of american robins. *The Condor* **108**: 130–139.
- NAGUIB M. et RIEBEL K., 2006: Birdsong: a key model in animal communication. *Encyclopedia of Language et Linguistics, Elsevier* 40–53.
- NEMETH E. et BRUMM H., 2009: Blackbirds sing higher-pitched songs in cities: adaptation to habitat acoustics or side-effect of urbanization? *Animal Behaviour* **78**(3): 637–641.
- NEMETH E. et BRUMM H., 2010: Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? *The American Naturalist* **176**(4): 465–475.
- NEMETH E., PIERETTI N., ZOLLINGER S.A., GEBERZAHN N., PARTECKE J., MIRAND A.C. et BRUMM H., 2013: Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **280**(1754).
- NEWTON I., 2007: The migration ecology of birds. 1. vyd. Londýn: Academic Press/Elsevier, 984 s.
- NORDT A. et KLENKE R., 2013: Sleepless in town - drivers of the temporal shift in dawn song in urban European Blackbirds. *PLoS ONE* **8**(8).

- PARTECKE J., VAN'T HOF T. et GWINNER E., 2004: Differences in the timing of reproduction between urban and forest European blackbirds (*Turdus merula*): result of phenotypic flexibility or genetic differences? Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, Royal Society **271**(1552): 1995–2001.
- PARTECKE J., GWINNER E. et BENSCH S., 2006: Is urbanisation of European blackbirds (*Turdus merula*) associated with genetic differentiation? Journal of Ornithology **147**(4): 549–552.
- PATRICELLI G.L. et BLICKLEY J.L., 2006: Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. The Auk, Oxford University Press (OUP) **123**(3): 639–649.
- PERILLO A., MAZZONI L.G., PASSOS L.F., GOULART V.D.L.R., DUCA Ch. et YOUNG R.J., 2017: Anthropogenic noise reduces bird species richness and diversity in urban parks. Ibis, Blackwell Publishing Ltd **159**(3): 638–646.
- R Core Team, 2018: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RABIN L.A., MCCOWAN B., HOOPER S.L. et OWINGS D.H., 2003: Anthropogenic noise and its effect on animal communication: an interface between comparative psychology and conservation biology. International Journal of Comparative Psychology **16**(2): 172–192.
- RIEDE T., THOMSON S.L., TITZE I.R. et GOLLER F., 2019: The evolution of the syrinx: an acoustic theory. PLoS Biology, Public Library of Science **17**(2).
- RUSS A., RÜGER A. et KLENKE R., 2015: Seize the night: European Blackbirds (*Turdus merula*) extend their foraging activity under artificial illumination. Journal of Ornithology, Springer Verlag **156**(1): 123–131.
- RUSS A., LUČENIČOVÁ T. et KLENKE R., 2017: Altered breeding biology of the European blackbird under artificial light at night. Journal of Avian Biology, Blackwell Publishing Ltd **48**(8): 1114–1125.
- SACCAVINO E., KRÄMER J., KLAUS S. et TIETZE D.T., 2018: Does urbanization affect wing pointedness in the Blackbird *Turdus merula*? Journal of Ornithology, Springer Verlag **159**(4): 1043–1051.

- SAMAŠ, Peter, Josef HERYÁN et Tomáš GRIM, 2013: Jak urbanizace ovlivňuje rozptylové chování kosa černého (*Turdus merula*)?. *Sylvia* **49**: 21–38.
- SAUER F., 1995: Ptáci lesů, luk a polí. Průvodce přírodou, Praha: Ikar, 286 s.
- SCHÄFER J.E., JANOCHA M.M., KLAUS S. et TIETZE D.T., 2017: How weather instead of urbanity measures affects song trait variability in three European passerine bird species. *Ecology and Evolution*, John Wiley and Sons Ltd **7**(13): 4868–4880.
- SLABBEKOORN H., 2004: Singing in the wild: the ecology of birdsong. *Nature's Music: The Science of Birdsong* 178–205.
- SLABBEKOORN H. et RIPMEESTER E.A.P., 2008: Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology* **17**(1): 72–83.
- SMYTH T. et SMITH J.O., 2002: The sounds of the avian syrinx - are they really flute like? *DAFX 2002 Proceedings* 26–29.
- ŠŤASTNÝ K. et DRCHAL K., 1994: Naši pěvci. 1. vyd. Praha: SZN, 174 s.
- TRNKA A. et GRIM T. (eds.), 2014: Ornitologická příručka. Bratislava: Slovenská ornitologická spoločnosť/BirdLife Slovensko, 300 s.
- VESELOVSKÝ Z., 2001: Obecná ornitologie. 1. vyd. Praha: Academia, 358 s.
- WANG Y., HUANG Q., LAN S., ZHANG Q. et CHEN S., 2015: Common blackbirds *Turdus merula* use anthropogenic structures as nesting sites in an urbanized landscape. *Current Zoology* **61**(3): 435–443.
- WARREN P.S., KATTI M., ERMANN M. et BRAZEL A., 2006: Urban bioacoustics: it's not just noise. *Animal Behaviour* **71**(3): 491–502.
- WICKHAM H., 2011: The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software* **40**(1).
- WICKHAM H., 2016: ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. 260 s.
- WYSOCKI D., JANKOWIAK Ł., GREŃO J.L., CICHOCKA A., SONDEJ I. et MICHALSKA B., 2015: Factors affecting nest size in a population of Blackbirds *Turdus merula*. *Bird Study*, Taylor and Francis Ltd. **62**(2): 208–216.

YOUNG S. N., 1996: Melatonin, sleep, aging, and the health protection branch.  
Journal of psychiatry et neuroscience: JPN **21**(3): 161–164.

ŽILINČÍKOVÁ N., 2016: Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*). Bakalářská práce. Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

## 9. Seznam obrázků a tabulek

### 9.1 Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Sledované lokality na území hlavního města Prahy .....	13
<b>Obrázek 2:</b> Sledované lokality v okolí města Beroun.....	14
<b>Obrázek 3:</b> Graf s konfidenčním intervalem znázorňující vliv světelného znečištění na predikovaný počátek vokalizace kosa černého. ....	19
<b>Obrázek 4:</b> Krabicový graf znázorňující závislost počátku vokalizace kosa černého na míře oblačnosti .....	19
<b>Obrázek 5:</b> Krabicový graf znázorňující závislost celkové délky vokalizace kosa černého na všech sledovaných typech lokalit. ....	21
<b>Obrázek 6:</b> Krabicový graf znázorňující závislost délky vokalizace kosa černého na všech sledovaných typech lokality .....	23
<b>Obrázek 7:</b> Krabicový graf znázorňující závislost počtu stromů kosa černého na všech sledovaných typech lokalit .....	25

### 9.2 Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Sledované lokality. ....	15
<b>Tabulka 2:</b> Tabulka korelačních koeficientů faktorů počasí. ....	16
<b>Tabulka 3:</b> Tabulka hodnot variačně inflačního faktoru. ....	17
<b>Tabulka 4:</b> Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti počátku vokalizace na hlukovém a světelném znečištění a vybraných ukazatelích počasí. ....	18
<b>Tabulka 5:</b> Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných na počátek vokalizace. ....	18
<b>Tabulka 6:</b> Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti celkové délky vokalizace na hlukovém, světelném a interakce hlukového a světelného znečištění a vybraných ukazatelích počasí. ....	20
<b>Tabulka 7:</b> Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na celkovou délku vokalizace. ....	20
<b>Tabulka 8:</b> Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti délky vokalizace hodinu po východu slunce na hlukovém, světelném, interakce hlukového a světelného znečištění a vybraných ukazatelích počasí. ....	22
<b>Tabulka 9:</b> Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na délku vokalizace hodinu po východu slunce. ....	22
<b>Tabulka 10:</b> Hodnoty koeficientů lineárního modelu závislosti počtu stromů na hlukovém, světelném, interakce světelného a hlukového znečištění a vybraných ukazatelích počasí. ....	24
<b>Tabulka 11:</b> Výstup z ANOVA tabulky modelu; vliv vysvětlujících proměnných včetně interakce na počet stromů hodinu.....	24

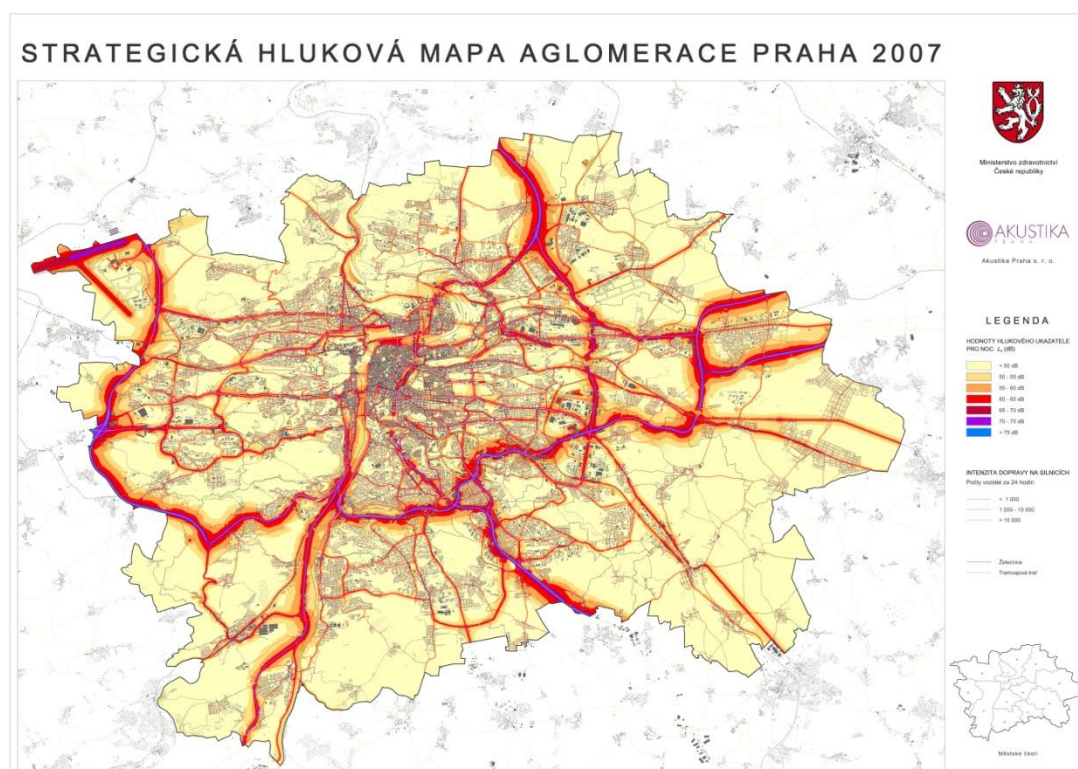
## 10. Přílohy

### Příloha 1 – Samec kosa černého

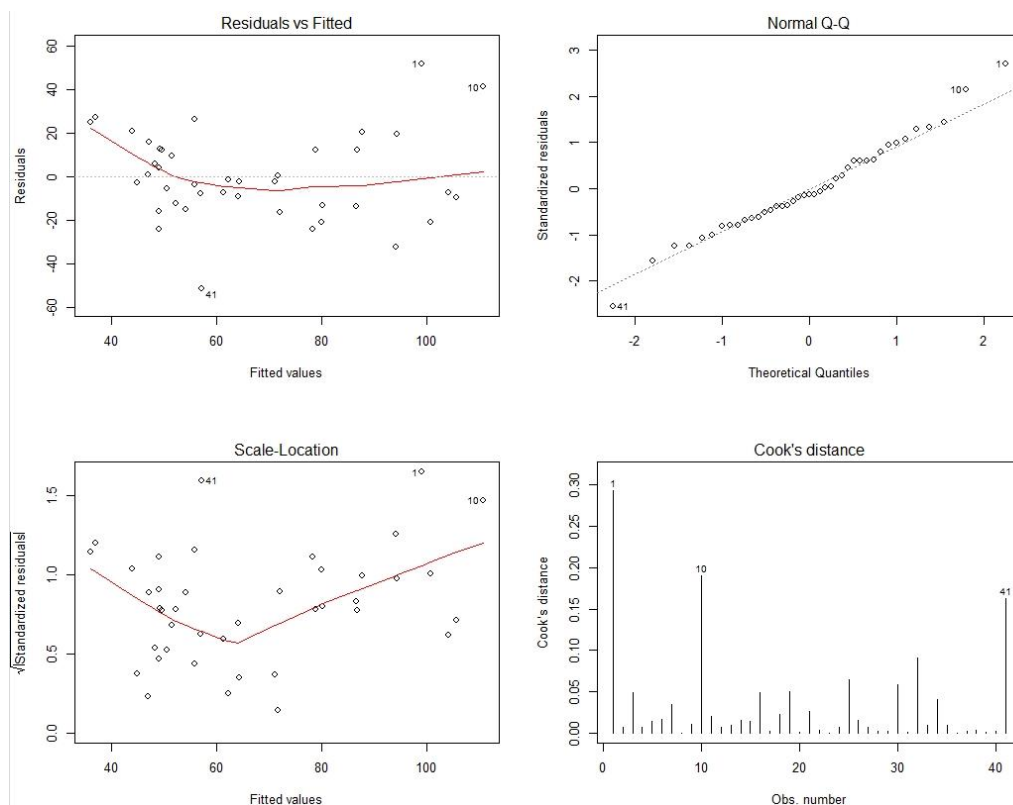


Pozn.: Vlastní fotografie pořízená 29. 7. 2017.

### Příloha 2 – Hluková mapa Prahy



### Příloha 3 – Diagnostické grafy pro lineární model závislosti lokality a počasí na počátek vokalizace



### Příloha 4 – Diagnostické grafy pro lineární model závislosti lokality a počasí na celkovou délku vokalizace

