

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra ekologie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého
The impact of artificial light at night on singing activity of
Blackbird

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

Konzultantka diplomové práce: Ing. Aneta Ritz-Radlinská

Zpracovala: Bc. Michaela Červeňáková

Praha 2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michaela Červeňáková

Regionální environmentální správa

Název práce

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého

Název anglicky

The impact of artificial light at night on singing activity of Blackbird

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv nočního světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Posuzována bude intenzita zpěvu v období od východu slunce po dobu následujících 60 minut. Hodnocen bude celková délka zpěvu, počet strof a průměrná délka strof ve čtyřech typech prostředí v závislosti na přítomnosti světelného znečištění. Posuzovány budou i interakce s vlivem hlukového znečištění na části lokalit.

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 60 již dříve sebraných nahrávek. Analýza nahrávek bude provedena pomocí software Avisoft. Na každé nahrávce bude sledována intenzita zpěvu v intervalu 1 hodina od východu slunce. Při vyhodnocení dat budou kromě světelného a hlukového znečištění brány v úvahu i další faktory – zejm. aktuální počasí. Do statistického vyhodnocení budou zahrnuta i data z bakalářské práce autorky, popř. i z dalších zdrojů.

Předpokládaný harmonogram:

březen – září 2021: dokončení analýzy nahrávek

říjen – listopad 2021: statistické analýzy

prosinec 2021 – únor 2022: kompletace textu práce

Doporučený rozsah práce

cca 30 stran + přílohy

Klíčová slova

Kos černý, světelné znečištění, hlukové znečištění, hlasová aktivita, urbanizace

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.
- Kempnaers, 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

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Petr Zasadil, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Aneta Ritz-Radlinská

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2022

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2022

PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého“ vypracovala zcela 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 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 vědoma, 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 31.3.2022

.....
Bc. Michaela Červeňáková

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych ráda touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. P. Zasadilovi, Ph.D. za jeho ochotu vést mou diplomovou práci, cenné rady, výbornou komunikaci a čas, který mi po celou dobu psaní mé diplomové práce věnoval. Dále bych velice ráda poděkovala mé konzultantce Ing. Anetě Ritz-Radlinské za její připomínky a pomoc, kterou mi při psaní mé diplomové práce poskytla a také mé rodině, která mě neustále podporovala nejen při tvorbě této práce, ale i po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Urbanizace obecně způsobuje výrazné znečištění životního prostředí, například znečištění odpady z lidské produkce, jako je například znečištění ovzduší a také znečištění světelné či hlukové. Změny v životním prostředí způsobené urbanizací mají vliv na kvalitu života nejen lidí, ale také na volně žijící živočichy včetně ptáků. U ptáků tyto změny mají velice významný vliv na jejich hlasovou aktivitu. Z tohoto důvodu se tato diplomová práce zabývá vlivem světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*).

Hlavním cílem této práce bylo zjistit a vyhodnotit rozdíl mezi lokalitami se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným i hlukovým znečištěním zároveň a také lokalitami bez rušivých vlivů, a to v souvislosti s vlivem na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof sledovaného druhu kosa černého v období 60 minut po východu slunce.

Dalším cílem bylo vyhodnotit vliv sledovaných faktorů (světlo, hluk, teplota, tlak, vlhkost) na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof.

Vyhodnocované nahrávky byly pořízeny v letech 2014 a 2015 na lokalitách rozmístěných na území hlavního města Prahy, v jeho blízkém okolí, v Hradci Králové a Berouně. Celkem bylo vyhodnocováno 112 hodinových záznamů. Vyhodnocení nahrávek bylo provedeno v programu „AviSoft SASLab Pro“.

Rozdílný vliv jednotlivých typů lokalit na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof prokázán nebyl. Ze všech sledovaných faktorů (světlo, hluk, teplota, tlak, vlhkost) byl na délku zpěvu a počet strof prokázán pouze vliv světelného znečištění, a to i přes to, že byl studován hlasový záznam pořízený po východu slunce, kdy už světelné znečištění nepůsobí. Na těchto lokalitách byla délka zpěvu kratší a počet strof byl nižší, než na lokalitách bez světelného znečištění. Na průměrnou délku strof byl kromě vlivu faktoru světla prokázán také vliv tlaku. Snížení průměrné délky strof na těchto lokalitách může pravděpodobně souviset s tím, že pokud jedinci měli před východem slunce vyšší hlasovou aktivitu, po východu slunce jí naopak měli nižší.

Klíčová slova: světelné znečištění, délka zpěvu, počet strof, průměrná délka strof, kosa černá (*Turdus merula*)

Abstract

In general, urbanization causes major environmental pollution such as human production waste, air pollution, and light pollution. Environmental changes caused by urbanization have a major impact not only on the quality of life but also on all living animal species, including birds. Birds are mostly impacted by changes in their voice activities. Therefore this thesis is dedicated to the influence of light pollution on the voice activity of a Blackbird (*Turdus merula*).

The main objective of this diploma thesis was to find and analyze differences between locations with light pollution, noise pollution, and a combination of both. In addition, locations without the impact of any human disturbances were also compared. All the above types of locations were analyzed in context with Blackbird's bird calls as well as the number and average length of strophes within a period of 60 minutes after sunrise.

Furthermore influence of all the monitored factors (light, noise, temperature, atmospheric pressure, and humidity) on the length of calls, the number of strophes, and the average duration of strophes were evaluated as well.

Evaluated recordings were taken in 2014 and 2015 at locations within Prague and its surroundings, in Hradec Kralove and Beroun. Altogether 112 one-hour recordings were assessed in „AviSoft SASLab Pro“ application.

The different impact of a particular location on the length of calls number, and average duration of strophes was not proven. Out of all monitored factors (light, noise, temperature, atmospheric pressure, and humidity), only light pollution influence was proven to alter the length of calls and number of strophes, despite the fact, that some recordings, taken after sunrise (where there is no light pollution) were included in the assessment. Bird calls at these locations were shorter and the number of strophes was smaller than at locations without light pollution. The influence of atmospheric pressure on average strophe duration was also proven. A decrease in average strophe duration at these locations could probably be related to having a higher frequency of voice activities before sunrise and lower activities during daylight.

Key Words: light pollution, length of birdcalls, number of strophes, average duration of strophes, Blackbird (*Turdus merula*)

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle.....	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Urbanizace.....	3
3.2 Světelné znečištění	4
3.2.1 Vliv světelného znečištění na lidi a živočichy	4
3.2.2 Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků	5
3.2.3 Vliv světelného znečištění na nástup pohlavní zralosti ptáků.....	15
3.2.4 Vliv světelného znečištění na ptačí spánek	15
3.2.5 Vliv světelného znečištění na migraci ptáků.....	15
3.2.6 Vliv měsíčního svitu na hlasovou aktivitu	15
3.3 Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	16
4. Metodika a materiál.....	18
4.1 Sběr dat.....	18
4.2 Nahrávky z roku 2014 a 2015	18
4.3 Vyhodnocení nahrávek.....	20
4.4 Analýza dat.....	20
5. Výsledky	22
5.1 Vliv lokalit na délku zpěvu a počet strof.....	22
5.2 Vliv lokalit na průměrnou délku strof	24
5.3 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na délku zpěvu	25
5.4 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na počet strof	26
5.5 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na průměrnou délku strof...	27
6. Diskuse.....	29
7. Závěr	32
8. Seznam použitých zdrojů	34
9. Seznam obrázků a tabulek.....	40

1. Úvod

V důsledku rychlého demografického a ekonomického růstu se celosvětově dramaticky zvýšila přeměna přírodních tzv. venkovských či původních stanovišť na stanoviště městská (Seto et al. 2012). Urbanizace a fragmentace krajiny proto představují velké hrozby pro volně žijící živočichy (Riley et al. 2003) a nejen ty. Extrémní změny v životním prostředí spojené s urbanizací mají dále vliv na kvalitu života lidí (EAA 2006) a také na volně žijící populace ptáků (Evans et al. 2011). Hlavními charakteristickými změnami, které působí měnící se krajina u ptačích urbánních populací, jsou například změny v chování, mortalitě (Ibáñez-Álamo et Soler 2010), v úbytku zdrojů potravy, úbytku zeleně (Grégoire et al. 2003) a změny v poklesu ptačích stanovišť (Isaksson 2018) na celém světě. Hlavními důsledky urbanizace je velké množství znečištění životního prostředí (Marzluff 2001), například znečištění odpady z lidské produkce, tzn. znečištění ovzduší a dále znečištění světelné či hlukové (Riley et al. 2003).

V posledních letech se vliv světelného znečištění stal velice diskutovaným tématem mimo jiné v souvislosti s vlivem na hlasovou aktivitu ptáků (Da Silva et al. 2014, Nordt et Klenke 2013), jelikož je potvrzené, že světelné znečištění má na ptačí populace velice negativní vliv (Da Silva et al. 2014). Vliv světelného znečištění způsobuje u ptáků v ranních hodinách dřívější začátek vokalizace a ve večerních hodinách naopak jeho pozdější ukončení (Da Silva et al. 2014). Světelné znečištění má ale také mnoho dalších negativních vlivů na ptačí populace, na celkovou vitalitu ptáků (Aulsebrook et al. 2021), např. na dobu přijímání potravy (Russ et al. 2014), frekvenci krmení mláďat (Titulaer et al. 2012), načasování reprodukce (Dominoni et al. 2013, Dominoni et Partecke 2015), jejich migraci (Smith et al. 2021) nebo také na délku ptačího spánku (Raap et al. 2015).

Tato práce se zabývá vlivem světelného znečištění na hlasovou aktivitu vybraného druhu, kosa černého (*Turdus merula*), jde o druh, který je v dnešní době jedním z nejčastějších druhů ptáků ve středoevropských městech (Partecke et al. 2006).

2. Cíle

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhodnotit:

- rozdíl mezi čtyřmi typy lokalit v délce zpěvu, počtu strof a průměrné délce strof kosa černého (*Turdus merula*) v období jedné hodiny po východu slunce:
 - lokality se světelným znečištěním,
 - lokality s hlukovým znečištěním,
 - lokality se světelným a hlukovým znečištěním zároveň,
 - lokality bez světelného i hlukového znečištění
- vliv světelného znečištění na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof kosa černého (*Turdus merula*) v období jedné hodiny po východu slunce
- vliv počasí a hlukového znečištění na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof kosa černého (*Turdus merula*) v období jedné hodiny po východu slunce

3. Literární rešerše

3.1 Urbanizace

Urbanizace je proces, při kterém je člověkem vytvářeno nové tzv. urbánní prostředí z prostředí původního, které v minulosti nebylo člověkem nijak zasaženo (Bartomeus 2017). Pro urbánní prostředí je charakteristická vyšší hustota obyvatelstva s nejméně 150 obyvateli na km² (Niemela 1999).

Po staletí měly městské zástavby vysokou hustotu obyvatelstva, ale jejich rozlohy rostly velice pomalu (Seto et al. 2010). Tato tendence se v posledních 30 letech obrátila a nyní městské zástavby na celém světě rostou dvakrát rychleji než jejich obyvatelstvo (Angel et al. 2011, Seto et al. 2011). Právě proto jsou městské zástavby celosvětově nejrychleji rozšiřujícím se typem krajinného pokryvu (Evans et al. 2009a). Mezi nejvíce urbanizované kontinenty na Zemi patří Evropa, díky svým historickým městům, kulturním pokladům a ohromně rozšířeným městským zástavbám (EEA 2006).

Pokud současné trendy v hustotě zalidnění a rostoucích městských zástavbách budou stále pokračovat, pak lze předpokládat, že do roku 2030 počet obyvatel v městských zástavbách vzroste až na 5 miliard a rozloha městské zástavby vzroste o 1,2 milionu km², což je téměř trojnásobek globální rozlohy městského prostředí kolem roku 2000 (Seto et al. 2012).

Při měnící se krajině se někteří živočichové stěhují z původního prostředí do prostředí městského, jako jsou ptáci. Hlavním důvodem, proč se ptačí populace stěhují do městského prostředí, je zejména potravní nabídka, která je ve městech mnohem rozmanitější, a proto je pro ptáky snadnější si potravu vyhledat (Luniak 2004). Dalším důvodem je lepší klima (Moller 2009). Ptáci jsou tak pravděpodobně nejviditelnější skupinou živočichů v městských prostředích (Grimm et al. 2008).

S pojmem urbanizace jsou často spojovány pojmy synurbanizace a synantropizace. „Synurbanizací“ se rozumí přizpůsobení se volně žijících druhů živočichů k specificky urbanizovanému prostředí a „Synantropizací“ můžeme chápat, jako přizpůsobení se volně žijících druhů živočichů k životu v blízkosti člověka (Luniak 2004).

Synantropizace je proces, který se dělí na tři základní etapy, a to jsou (Evans et al. 2010):

- příchod - příchodem je považován příchod z původního nijak neovlivněného prostředí v pravidelných intervalech,
- přizpůsobení - přizpůsobením je považováno přizpůsobení se novému prostředí, které se oproti původnímu prostředí liší,
- šíření – šířením se rozumí šíření v městském prostředí na kratší vzdálenost na základě reprodukce.

Osídlování městského prostředí lze rozdělit na dva základní způsoby (Evans et al. 2009b):

- nezávislé osídlování městského prostředí
- skokové osídlování, které probíhá na základě jedinců, kteří byli adaptováni do městského prostředí již dříve.

3.2 Světelné znečištění

Světelné znečištění je v dnešní době obrovský globální problém, který postihuje téměř všechny státy světa (Cinzano et al. 2001). Růst světelného znečištění je způsoben zejména růstem lidské populace, průmyslovým rozvojem a růstem ekonomické úrovně společnosti. K největšímu růstu světelného znečištění začalo docházet od dob vynálezu elektrického světla a zvláště pak od dob druhé světové války, kdy došlo k významnému nárůstu pouličního osvětlení a přirozená tma v lidských sídlech takřka zcela vymizela (McDonnell 2009). Světelné znečištění představuje největší problém pro USA, Evropu a Japonsko, což představuje téměř dvě třetiny světové populace. Osvětlení noční oblohy je v těchto částech světa nad hranicí, která se považuje za znečištěný stav (Cinzano et al. 2001). Celkově se rozlišuje několik druhů nočního osvětlení - veřejné osvětlení (osvětlení ulic, silnic, chodníků nebo jiných veřejných prostranství), komerční osvětlení (osvětlení veřejných budov, památek či reklamních ploch) a osvětlení výjimečných událostí (McDonnell 2009). K těmto osvětlením mohou být přiřazena také světla vyzařovaná z oken domů nebo z motorových vozidel (Nordt et Klenke 2013).

3.2.1 Vliv světelného znečištění na lidi a živočichy

Světelné znečištění má u lidí významný vliv zejména na cirkadiální rytmus fyziologických funkcí a jejich chování. Vystavení umělému světlu v noci je spojeno s řadou poruch, například s poruchami metabolickými, poruchami nálad a také se zvýšeným výskytem rakoviny (Walker et al. 2020).

U živočichů světelné znečištění způsobuje narušení biologických rytmů, orientace, migrace a také aktivit jako je hledání potravy, chování při páření a úspěch reprodukce. Umělé noční osvětlení přitahuje také ptáky migrující v noci a létající hmyz (McDonnell 2009). U savců je světelným znečištěním způsobováno vysoké riziko úmrtnosti na silnicích (Beier 2005). Umělé noční osvětlení má však negativní vliv také na rostliny, u kterých dochází ke změně směru jejich růstu a doby kvetení (McDonnell 2009).

3.2.2 Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků

Světelné znečištění má vysoký vliv na hlasovou aktivitu ptáků (Da Silva et al. 2014). Je to z toho důvodu, že ptáci mají vysoce vyvinutý smysl pro světlo, a proto citlivěji reagují na vyšší intenzitu světla (Hasan 2010), pokud se nachází ve světelně znečištěných lokalitách. Ve světelně znečištěných lokalitách se svou hlasovou aktivitou začínají v ranních hodinách mnohem dříve, než je obvyklé, ke konci dne hlasovou aktivitu posunují do pozdních nočních hodin, proto je vliv světelného znečištění studován často v souvislosti s jeho vlivem na začátek a konec hlasové aktivity ptáků (Da Silva et al. 2014).

V průběhu posledních let bylo uskutečněno několik studií zabývajících se právě vlivem světelného znečištění na populace vybraných druhů ptáků. Pro příklad jsem vybrala některé z nich a to zejména s ohledem na prokázaný vliv.

Podmínky jednotlivých studií byly v každé studii rozdílné. Vliv pouze světelného znečištění zkoumali Da Silva et al. (2016), Dominoni et al. (2014), Miller (2006), Raap et al. (2015), Kempenaers (2010), Russ et al. (2014) a Titulaer et al. (2012). U jiných to bylo v kombinaci s hlukovým znečištěním, popř. s vlivy počasí, jako je déšť, teplota či oblačnost (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Ki et Cho 2014, Stuart et al. 2019, Sánchez-González et al. 2021), protože jednotlivé vlivy jdou od sebe velice obtížně oddělit. Rozdíl byl také ve zvolených lokalitách pro dané studie. Zásadní pak byla zvolená lokalita, studie probíhaly v městském či venkovském prostředí s lesem. Studie se liší i množstvím a druhy studovaných ptáků.

Přehled podmínek jednotlivých studií zabývajících se vlivem světelného znečištění na začátek a konec hlasové aktivity přehledně shrnuje Tabulka 1:

Tabulka 1: Podmínky jednotlivých studií zabývající se vlivem světelného znečištění na začátek či konec hlasové aktivity.

Studie	Lokalizace	Porovnávané lokality	Druhy ptáků	Ostatní vlivy
Da Silva et al. 2014	jižní Německo	se světelným a hlukovým znečištěním, se světelným znečištěním	kos černý (<i>Turdus merula</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>), pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>), drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	hlukové znečištění
Da Silva et al. 2015	jižní Německo	lesní lokality se světelným znečištěním, lesní lokality bez světelného znečištění	kos černý (<i>Turdus merula</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>), pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>), drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	hlukové znečištění a povětrnostní podmínky
Da Silva et al. 2016	jižní Německo (Seewiesen)	pouze nerušené lesní oblasti s minimálním světelným znečištěním	kos černý (<i>Turdus merula</i>), sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>), sýkory koňadry (<i>Parus major</i>), červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>)	

Tabulka 1 – pokračování z přechozí strany

Dominoni et al. 2014	jihovýchodní Německo (Mnichov)	městský park, městská obytná zástavba	kos černý (<i>Turdus merula</i>)	
Hasan 2010	západní břeh Jordánu (Tulkarem)	dvě klidná místa s několika domy a velkými zahradami se světelným znečištěním	kos černý (<i>Turdus merula</i>), bulbul zahradní (<i>Pycnonotus barbatus</i>)	hlukové znečištění a povětrnostní podmínky
Raap et al. 2015	Belgie (Wilrijk)	se světelným znečištěním, bez světelného znečištění	sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	
Kempenaers 2010	Rakousko (Vídeň)	se světelným znečištěním, bez světelného znečištění	sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	
Russ et al. 2014	Německo (Lipsko)	centrum města, les	kos černý (<i>Turdus merula</i>)	
Titulaer et al. 2012	Nizozemí (Ede)	se světelným znečištěním	sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	
Stuart et al. 2019	Kalamazoo, Michigan, USA	lesní lokality se světelným znečištěním	střízlík zahradní (<i>Troglodytes aedon</i>)	hlukové znečištění a povětrnostní podmínky

Tabulka 1 – pokračování z přechozí strany

Sánchez-González et al. 2021	Arménie, Kolumbie	(městské prostředí s vysokou mírou urbanizace a s nízkou mírou urbanizace)	tyranovec rubínový (<i>Pyrocephalus rubinus</i>)	hlukové znečištění
Miller 2006	Schuylkill Haven, Arlington, Madison, USA	městské lesy se světelným znečištěním, městské lesy bez světelného znečištění	drozd stěhovavý (<i>Turdus migratorius</i>)	
Ki et Cho 2014	Wonju, Jižní Korea	městský les se světelným znečištěním, městský les bez světelného znečištění	sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	povětrnostní podmínky

Výsledky studií dle jednotlivých druhů ptáků jsou následující:

Kos černý (*Turdus merula*)

U kosa černého byl vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázán celkem u čtyř studií (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016, Dominoni et al. 2014). Velice významný vliv mělo umělé noční osvětlení ve studii Da Silva et al. (2014). Ovlivnění jedinci v této studii začali se svou hlasovou aktivitou v průměru již o 10-20 minut dříve, než bylo obvyklé. Vliv umělého nočního osvětlení se prokázal také ve studii Da Silva et al. (2016), kde samci kosa černého začali se svou hlasovou aktivitou cca o 4 minuty dříve. Tato studie se ale od předchozí lišila tím, že kosi byli studováni na lokalitách, u nichž docházelo k cyklickému nočnímu osvětlování. Na tuto změnu intenzity jedinci kosa černého reagovali dřívějším začátkem hlasové aktivity. Tato studie potvrzuje, že uměle měněna intenzita nočního osvětlení má vliv na začátek hlasové aktivity pěvců. U další studie kosi reagovali velice podobně. Bylo vyzorováno, že čím větší intenzita osvětlení na kosa působila, tím dříve kosi začali se svou hlasovou aktivitou. Kromě toho bylo vyzorováno, že vliv světelného znečištění byl mnohem větší v městském prostředí než ve venkovském lese (Dominoni et al. 2014). Vliv světelného znečištění se podobně prokázal také ve studii Da Silva et al. 2015, zde však byl kos černý pozorován ve dvanácti lesních lokalitách, z nichž polovina byla ovlivněna pouličním osvětlením. U této studie kos černý v lesních lokalitách znečištěných pouličním osvětlením začínal se svou hlasovou aktivitou dříve než v lokalitách bez pouličního osvětlení. Kromě vlivu světelného znečištění na začátek hlasové aktivity byly u třech studií vyzorovány také změny povětrnostních podmínek (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Hasan 2010). Kromě vlivu na začátek hlasové aktivity byl u některých studií prokázán také vliv na konec hlasové aktivity (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Russ et al. 2014). U studie Da Silva et al. (2014) kos černý svou hlasovou aktivitu ukončoval cca 7 minut po západu slunce. Russ et al. 2014 při své studii zjistili, že umělé noční osvětlení má vliv nejen na konec hlasové aktivity, ale má vliv také na délku přijímání potravy. Kosi v centru města sbírali potravu mnohem déle než kosi vyskytující se v lese.

Červenka obecná (*Erithacus rubecula*)

U červenky obecné byl prokázán vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity u všech čtyř studií (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016).

Červenka obecná ve studii z jižního Německa začínala se svou hlasovou aktivitou o 10-20 minut dříve a ukončovala ji v průměru až o 1,5 hodiny později (Da Silva et al. 2014). U studie Da Silva et al. (2015) byl vliv světelného znečištění prokázán na začátku hlasové aktivity i na konci hlasové aktivity v lesních lokalitách, které byly ovlivněny pouličním osvětlením. V této studii se mimo jiné na začátek a konec hlasové aktivity červenky obecné potvrdil také vliv deště. V další studii červenka obecná začínala se svou hlasovou aktivitou v průměru již o 37 minut dříve. Dřívější začátek hlasové aktivity byl způsoben cyklickým nočním osvětlováním, které bylo vytvořeno ze tří sestavených paralelních řad světel s halogenovými žárovkami. Světla byla rozmístěna cca 5 metrů od sebe a každé světlo se skládalo ze dvou žárovek. U červenky byl vliv cyklického nočního osvětlování největší ze všech pozorovaných druhů ve studii. Vliv na konec hlasové aktivity u této studie prokázán nebyl (Da Silva et al. 2016).

Pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*)

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu pěnkavy obecné se u studie Da Silvy et al. (2014) a Da Silvy et al. (2015) neprokázal.

Drozd stěhovavý (*Turdus migratorius*)

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu drozda stěhovavého byl prokázán ve studii Millera (2006). Bylo potvrzeno, že jedinci obývající lokality s velkým množstvím umělého osvětlení začínali se svou ranní hlasovou aktivitou dříve než jedinci obývající lokality bez světelného znečištění.

Drozd zpěvný (*Turdus philomelos*)

Podle Da Silva et al. (2014) byl vliv světelného znečištění u drozda zpěvného prokázán na začátek hlasové aktivity. Drozd zpěvný v této studii se svou hlasovou aktivitou začínal o cca 10-20 minut dříve. Dále se vliv na začátek hlasové aktivity prokázal ve studii Da Silva et al. (2015).

Sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*)

Vliv světelného znečištění byl u sýkory modřinky prokázán ve všech čtyřech studiích (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016, Kempenaers 2010). Ve studii Da Silva et al. (2014) sýkora modřinka začala se svou hlasovou aktivitou o cca 10-20 minut dříve. V další studii byl u sýkory koňadry vypořezován začátek

hlasové aktivity cca o 4 minuty dříve každé ráno (Da Silva et al. 2016). V další studii, Da Silva et al. (2015), byl kromě vlivu světelného znečištění na začátek a konec hlasové aktivity prokázán také vliv deště. Ve studii Kempnaers (2010) byl vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázán pouze u samců, nikoliv u samic. U samic, žijících v uměle osvětlených lokalitách, byl v této studii prokázán vliv světelného znečištění na načasování reprodukčního chování. Vejce byla snesena v průměru o 1,5 dne dříve než u samic žijících v lokalitách bez světelného znečištění.

Sýkora koňadra (*Parus major*)

U sýkory koňadry se vliv světelného znečištění projevil na začátek (Da Silva et al. 2014, Ki et Cho 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016) i konec hlasové aktivity (Da Silva et al. 2015). U studie Da Silva et al. (2014) bylo vypořádováno, že sýkory koňadry začínaly se svou hlasovou aktivitou v průměru o 10-20 minut dříve. U další studie začínaly o cca 4 minuty dříve (Da Silva et al. 2016). V další studii se vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu také prokázal. V lese se světelným znečištěním sýkory koňadry začínaly se svou hlasovou aktivitou mnohem dříve než ty, které se nacházely v lese bez světelného znečištění (Ki et Cho 2014). U studie Raap et al. (2015) byl vypořádován vliv světelného osvětlení na spánek. Sýkory koňadry se při umělém nočním osvětlení probouzely o 30 minut dříve a hnízdo opouštěly o 20 minut dříve. V průměru tak byla snížena délka spánku o 45 minut. U další studie byl zjištěn vliv světelného znečištění na krmené mlád'at. Tato studie sledovala 262 hnízd, kde byla nainstalována umělá světla, která následně působila na hnízda různou intenzitou. Bylo vypořádováno, že u jedinců vystavených umělému světlu, došlo ke změně ve frekvenci krmení mlád'at, pokud byla mlád'ata 9-16 dní stará. Svou rychlost krmení mlád'at neměnili ti ptáci, kteří byli vystaveni menší intenzitě světla nebo světlu nebyli vystaveni vůbec (Titulaer et al. 2012). Kromě vlivu světelného znečištění na začátek a konec hlasové aktivity se ve studii Da Silva et al. (2015) prokázal také vliv deště a nízkých teplot.

Bulbul zahradní (*Pycnonotus barbatus*)

U bulbula zahradního vliv světelného znečištění prokázán nebyl. Ve studii z Tulkaremu bulbul zahradní začínal se svou hlasovou aktivitou v průběhu jedné minuty po východu slunce. Pouliční osvětlení ani měsíční svit neměly v této studii na

bulbula zahradního žádný vliv. Hlavním faktorem, který měl na začátek hlasové aktivity vliv, byla změna povětrnostních podmínek (Hasan 2010).

Střízlík zahradní (*Troglodytes aedon*)

Ve studii z města Kalamazoo, které se nachází ve státě Michigan, se u střízlíka zahradního vliv světelného znečištění neprokázal. Začátek hlasové aktivity byl různý. Samci střízlíka zahradního začínali se svou aktivitou v průměru 10 minut před východem slunce a až 38 minut po východu slunce. Bylo vyzorováno, že samci začínali se svou hlasovou aktivitou dříve, když stavěli hnízda, v reprodukčním období či při zvýšených ranních teplotách (Stuart et al. 2019).

Tyranovec rubínový (*Pyrocephalus rubinus*)

Vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu tyranovce rubínového se ve studii Sánchez-González et al. (2021) neprokázal. Tabulka 2 přehledně zobrazuje studie, které studovaly vliv světelného znečištění na ptáky. Jak je možné vidět, vliv na začátek hlasové aktivity mělo světelné znečištění téměř vždy (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016, Dominoni 2014, Kempnaers 2010, Ki et Cho 2014, Miller 2006, Raap et al. 2015). U kosa černého (*Turdus merula*) byl vliv na začátek hlasové aktivity prokázán celkem u čtyř studií (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016, Dominoni et al. 2014). Kromě světelného znečištění mělo vliv také nepříznivé počasí (Da Silva et al. 2015, Hasan 2010, Stuart et al. 2019). Déšť v ranních hodinách hlasovou aktivitu opožďoval a největší vliv měl na konec hlasové aktivity ve večerních hodinách, kdy ptáci přestali zpívat dříve (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015). Vliv světelného znečištění byl u jedné studie prokázán nejen na konec hlasové aktivity, ale také na délku přijímání potravy (Russ et al. 2014). U červeny obecné (*Erithacus rubecula*) se vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázal u každé studie (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016). Podle jedné studie červenka obecná (*Erithacus rubecula*) začala se svou ranní hlasovou aktivitou již o 37 minut dříve. To mohlo být však způsobené cyklickým nočním osvětlováním. Na základě výsledků této studie lze říci, že intenzita světla, měněná uměle, má vliv na začátek hlasové aktivity pěvců (Da Silva et al. 2016). Další studie studující červenky obecné prokázala, že červenky svou hlasovou aktivitu ukončovaly až 1,5 hodiny po západu slunce (Da Silva et al. 2014). Dále se vliv světelného znečištění na začátek hlasové aktivity prokázal v každé studii studující

sýkory modřínky (*Cyanistes caeruleus*) (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016, Kempenaers 2010). U jedné z těchto studií se však vliv světelného znečištění prokázal pouze u samců, nikoliv u samic (Kempenaers 2010). U sýkory koňadry se kromě vlivu na hlasovou aktivitu (Da Silva et al. 2014, Ki et Cho 2014, Da Silva et al. 2015, Da Silva et al. 2016) prokázal také vliv na rychlost krmení mláďat (Titulaer et al. 2012). Podle studie Dominoni et al. 2014 platí, že čím větší intenzita světla na ptáky působí, tím dříve začínají se svou hlasovou aktivitou. Zároveň je možné říci, že kromě síly intenzity světla, závisí také na prostředí, ve kterém se ptáci vyskytují a také na období (Dominoni et al. 2014). Vzhledem k tomu, že umělé osvětlení ovlivňuje počátek hlasové aktivity, ovlivňuje také délku ptačího spánku (Raap et al. 2015).

Tabulka 2: Výsledky studií zkoumajících vliv světelného znečištění.

Studie	Pták	Vliv světla na	
		Začátek hlasové aktivity	Konec hlasové aktivity
Da Silva et al. 2014	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	10-20 min dříve	7 min po západu slunce
Da Silva et al. 2015	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	ANO	ANO
Da Silva et al. 2016	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	4 min dříve	NE
Dominoni et al. 2014	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	ANO	NE
Hasan 2010	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	NE	NE
Russ et al. 2014	Kos černý (<i>Turdus merula</i>)	NE	ANO
Da Silva et al. 2014	Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>)	10-20 min dříve	1,5 po západu slunce
Da Silva et al. 2015	Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>)	ANO	ANO
Da Silva et al. 2016	Červenka obecná (<i>Erithacus rubecula</i>)	37 min dříve	NE
Da Silva et al. 2014	Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>)	NE	NE
Da Silva et al. 2015	Pěnkava obecná (<i>Fringilla coelebs</i>)	NE	NE
Da Silva et al. 2014	Drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>)	10-20 min dříve	NE
Da Silva et al. 2015	Drozd zpěvný (<i>Turdus philomelos</i>)	ANO	NE
Da Silva et al. 2014	Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	10-20 min dříve	NE
Da Silva et al. 2015	Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	ANO	ANO
Da Silva et al. 2016	Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	4 min dříve	NE
Kempenaers 2010	Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	ANO	NE
Da Silva et al. 2014	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	10-20 min dříve	NE
Da Silva et al. 2015	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	ANO	ANO
Da Silva et al. 2016	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	4 min dříve	NE
Raap et al. 2015	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	30 min dříve	NE
Titulaer et al. 2012	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	NE	NE
Ki et Cho 2014	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>)	ANO	NE
Hasan 2010	Bulbul zahradní (<i>Pycnonotus barbatus</i>)	NE	NE
Stuart et al. 2019	Střízlík zahradní (<i>Troglodytes aedon</i>)	NE	NE
Sánchez-González et al. 2021	Tyranovec rubínový (<i>Pyrocephalus rubinus</i>)	NE	NE
Miller 2006	Drozd stěhovavý	ANO	NE

3.2.3 Vliv světelného znečištění na nástup pohlavní zralosti ptáků

Vliv světelného znečištění na nástup pohlavní zralosti je v poslední době stále více studován (Dominoni et al. 2020). Vliv světelného znečištění byl prokázán u kosů černých (*Turdus merula*) obývajících městské prostředí ve studii Dominoni et Partecke (2015). V období nástupu pohlavní zralosti měli kosi v průměru o 49 minut delší délku dne než kosi obývající prostředí lesní, což u městských kosů způsobilo nástup pohlavní zralosti až o 19 dní dříve (Dominoni et Partecke 2015).

Vliv světelného znečištění byl prokázán také u studie Dominoni et al. (2013). Kosi černí vystavení umělému osvětlení měli nástup pohlavní zralosti až o měsíc dříve než kosi, kteří umělému osvětlení vystavení nebyli. Bylo také vypořádáno, že docházelo k dřívějšímu přepeřování (Dominoni et al. 2013).

3.2.4 Vliv světelného znečištění na ptačí spánek

Vliv světelného znečištění na ptačí spánek se prokázal u studie Raap et al. (2015). Bylo vypořádáno, že při umělém nočním osvětlení se sýkory koňadry (*Parus major*) probouzely o 30 minut dříve a hnízdo opouštěly o 20 minut dříve. Celková délka spánku byla tedy v průměru snížena o 45 minut (Raap et al. 2015).

3.2.5 Vliv světelného znečištění na migraci ptáků

Vliv světelného znečištění na migraci ptáků byl prokázán u studie Smith et al. (2021), kde byly sledovány jiříčky modrolesklé (*Progne subis*). Ptáci, kteří byli vystaveni nocím s umělým osvětlením, migrovali v průměru až o 8 dní dříve a do svých hnízdišť se vraceli o 8 dní dříve ve srovnání s ptáky, kteří umělému nočnímu osvětlení vystavení nebyli (Smith et al. 2021).

3.2.6 Vliv měsíčního svitu na hlasovou aktivitu

V souvislosti s vlivem na hlasovou aktivitu ptáků byl také studován environmentální faktor lunární fáze. York et al. (2014) a Bruni et al. (2014) ve svých studiích zjistili, že mimoměstští ptáci bez vlivu světelného znečištění začínali se svou ranní hlasovou aktivitou dříve při působení měsíčního svitu za úsvitu. Celkově ptáci začínali zpívat dříve při úplňku nebo již při třetí čtvrtině měsíce. Těmito studiemi je tedy prokázáno, že měsíční svit má vliv na začátek hlasové aktivity (York et al. 2014, Bruni et al. 2014).

3.3 Kos černý (*Turdus merula*)

Popis

V České republice je kos černý jedním z nejnámějších ptačích druhů (Šťastný et al. 2006). Samci kosa černého jsou černí a jejich zobák je výrazně žlutý až oranžový, zato samičky mají tělo i zobák tmavě hnědý. Ve starším věku však mohou mít zobák úplně žlutý. Na zemi se kosi pohybují velmi rychle pobíháním nebo skákáním, křídla mají při tom spuštěná a ocas mají mírně zvednutý (Šťastný et Hudec 2011).

Rozšíření ve světě

Kos černý obývá více než 50 % Evropy. V západní Evropě je kos druhem stálým, ale v severní a východní Evropě je spíše druhem tažným (Šťastný et al. 2006). Dále kos černý obývá Kavkaz, severní Írán, Himálaje a také v Čínu (Cepák et al. 2008).

Výskyt v České republice

Kos černý obývá celé území České republiky. Nejčastěji obývá městská prostředí, ale nalezneme ho také v lesích či parcích. Na začátku osmdesátých let 20. století jeho početnost byla odhadována na 1-2 miliony párů. Na začátku 21. století jeho početnost stoupla a bylo odhadováno 2-4 miliony párů (Šťastný et Hudec 2011).

Prostředí

Kos černý dříve obýval zejména lesní prostředí. V polovině 19. století pomalu začal obývat také lidská sídliště a centra velkých měst (Šťastný et Hudec 2011) z důvodu zvyšující se urbanizace (EAA 2006). V dnešní době proto obývá mnohem více městská prostředí než lesní (Šťastný et Hudec 2011). V Praze kos černý patří mezi nejhojnější pěvce, jelikož v některých částech se vyskytuje až 200 párů. V Praze kos černý nejvíce osidluje Bubeneč, Dejvice, Střešovice, Košíře anebo také parky, jako je Petřín či Vyšehrad (Fuchs et al. 2002).

Hnízdění

Hnízdění kosa černého trvá od dubna do července. Jeho hnízdění je závislé na nadmořské výšce. V nižších nadmořských výškách hnízí většinou dvakrát až třikrát do roka a ve vyšších nadmořských výškách většinou hnízí jen jednou. Hnízda nejčastěji staví na smrku, vrbě a různých keřích, například na bezu. Hnízda staví na místech vytvořených lidmi například na plotech, okapových rourách nebo na zahradních domcích. Kosi, kteří hnízí v lese, mají hnízdo tvořené nejčastěji z listů,

trávy nebo větviček stromů či keřů. U kosů, kteří hnízdí v urbánním prostředí je hnízdo tvořené většinou hlínou, trávou a kořínky. Hnízda staví pouze samičky a postavení jednoho hnízda trvá 4-6 dnů. Samička do hnízda snáší vždy jen jedno vejce a barva vejce je vždy různá. Mláďata jsou po vylíhnutí krmena oběma rodiči po dobu 14-16 dnů. Po této době mláďata opouští hnízdo, ale rodiče se o mláďata dále starají (Šťastný et Hudec 2011).

Potrava

V každém ročním období se kosi živí jinou potravou. Potravou živočišnou se kosi živí na jaře a v létě. Do živočišné potravy patří zejména žížaly, měkkýši či pavouci. Ke konci léta a v průběhu podzimu se živí převážně potravou rostlinnou, jsou to zejména plody bezů, vinné révy, hrušně či jabloně. Mláďata jsou po vylíhnutí krmena rodiči žížalami, brouky nebo motýly. Potravu nacházejí na zemi, ale rostlinnou potravu nacházejí také ve větvích stromů či keřů. Kosi se však živí také z odpadků, které nejčastěji nachází u popelnic, na skládkách či balkonech a většinou jsou mezi nimi brambory, pečivo, zelenina či rýže (Šťastný et Hudec 2011).

Zpěv

Zpěv kosa černého můžeme nejčastěji slyšet ve večerních hodinách při západu slunce či v brzkých ranních hodinách při východu slunce. Jeho zpěv se velice snadno pozná, jelikož kos černý se u nás v české republice hojně vyskytuje. Hlas kosa černého je velmi hlasitý, melodický a jeho zpěv je velice dlouhý (Šťastný et al. 2006). Kosa černého poznáme podle opakování skladeb, například ve večerních hodinách se jedna skladba opakuje až třikrát za sebou. Píseň kosa černého před západem slunce je vždy klidná a pomalá. Při východu slunce je píseň většinou dlouhá a mezery mezi jednotlivými frázemi jsou zkrácené. Velmi nepravidelné písně a dlouhé mezery mezi frázemi můžeme u kosa slyšet při nepříznivém počasí, hledání potravy či krmení mláďat (Cramp 1992).

4. Metodika a materiál

4.1 Sběr dat

Nahrávky hlasové aktivity kosa černého v roce 2014 byly pořizovány pomocí diktafonů „SONY ICD-PX33“. Nahrávky hlasové aktivity kosa černého v roce 2015 byly pořizovány pomocí diktafonů „SONY ICD-PX312“ a „SONY IC Recorder“. Diktafony byly ve sledovaných lokalitách umístěny tak, aby od teritoria každého jedince byly vzdáleny minimálně 300 metrů a nedošlo k případnému nahrávání jednoho jedince na dva diktafony najednou. Nahrávání probíhalo vždy jednu hodinu od východu slunce.

4.2 Nahrávky z roku 2014 a 2015

V roce 2014 byly nahrávky sbírány studentkou Studničkovou (2015) a studentem Holoubkem (2015). Nahrávky byly sbírány od 2. 4. do 5. 6. na lokalitách v Praze a v okolí Prahy viz Tabulka 3. V Praze nahrávání probíhalo na lokalitách se světelným znečištěním, na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním zároveň a na lokalitách bez světelného a hlukového znečištění. Jednalo se zejména o zahrady, parky a o Olšanské hřbitovy. V okolí Prahy nahrávání probíhalo na lokalitách s hlukovým znečištěním a na lokalitách bez hlukového a světelného znečištění. Jednalo se především o lesy. Podrobný popis lokalit je k dispozici v pracích Studničková (2015) a Holoubek (2015). Nahrávání probíhalo na všech lokalitách vždy současně.

V roce 2015 byly nahrávky sbírány studentkou Hlouškovou (2017) a studentem Vlachem (2016). Nahrávky byly sbírány od 6.3. do 29.5. v Hradci Králové a Berouně viz Tabulka 4. V Hradci Králové nahrávání probíhalo na lokalitách se světelným znečištěním a na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním zároveň. Jednalo se zejména o městské parky. V Berouně nahrávání probíhalo na lokalitách s hlukovým znečištěním, kde se jednalo především o lokality v okolí dálnice D5, tedy lokality mimo lidská sídla. Dále nahrávání probíhalo v okolí Berouna na lokalitách bez světelného a hlukového znečištění, tedy na lokalitách, které jsou v klidných lokalitách mimo lidská sídla. Podrobný popis lokalit je k dispozici v pracích Vlach (2016) a Hloušková (2017). Nahrávání probíhalo na všech lokalitách vždy současně.

Tabulka 3: Sledované lokality v roce 2014.

Týden v roce	Datum	Hlukové a světelné znečištění	Světelné znečištění	Hlukové znečištění	Bez hlukového a světelného znečištění
14.	2.-3.4.2014			Říčanský les	Říčanský les
15.	8.-9.4. 2014	Park Přátelství	Stromovka	Říčanský les	
		Park Přátelství	Stromovka		
		Park Přátelství			
16.	19.-20.4.2014		Petřín	Janovický les	Janovický les
					Říčanský les
					Olšanské hřbitovy
					Olšanské hřbitovy
17.	26.-27.4.2014	Letenské sady	Stromovka		
		Letenské sady			
18.	1.-2.5. 2014		Stromovka	Janovický les	Janovický les
			Stromovka		
19.	8.-9.5. 2014	Letenské sady	Petřín	Říčanský les	Janovický les
			Petřín		Janovický les
20.	16.-17.5. 2014		Hostivař	Klánovice	Janovický les
				Milíčovský les	
21.	21.-22.5.2014	Kinského zahrady		Klánovice	Klánovice
				Klánovice	Klánovice
				Klánovice	
22.	30.-31.5. 2014	Letenské sady	Hostivař	Kersko	Kersko
		Letenské sady		Kersko	Kersko
		Letenské sady		Milíčovský les	Kersko
		Hostivař			Janovický les
23.	4.-5.6. 2014	Kinského zahrady		Kersko	Kersko
		Kinského zahrady		Kersko	Kersko
				Kersko	

Tabulka 4: Sledované lokality v roce 2015.

Týden v roce	Datum	Hlukové a světelné znečištění	Světelné znečištění	Hlukové znečištění	Bez hlukového a světelného znečištění
10.	6.3.2015	Hradec Králové		Beroun	Beroun
11.	13.3. 2015			Beroun	Beroun
12.	20.3.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
13.	27.3.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
14.	3.4.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
15.	10.4.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
16.	17.-18.4.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
17.	24.4.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
18.	2.5. 2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
19.	8.5.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
20.	15.5.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	
21.	22.5.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun
22.	29.5.2015	Hradec Králové	Hradec Králové	Beroun	Beroun

4.3 Vyhodnocení nahrávek

Všechny pořízené nahrávky kosa černého byly pořizovány od odpoledne jednoho dne do dopoledne druhého dne. Následně byl vyjmut šedesátiminutový úsek, který začínal východem slunce a končil šedesátou minutou po východu slunce. Analýza nahrávek byla provedena pomocí programu „Avisoft SASLab Pro“. Celkově bylo vyhodnoceno 112 hodinových záznamů. Z toho konkrétně 56 záznamů z roku 2014 a 56 záznamů z roku 2015. V každé nahrávce byly následně zaznamenávány níže uvedené charakteristiky zpěvu:

- Délka zpěvu: tzv. celkový čas, po který daný jedinec zpíval v průběhu nahrávky. Čas byl uváděn v minutách.
- Počet strof (zpěvů): tzv. počet strof v dané nahrávce, bez ohledu na délku strofy nebo její úplnost.

Tyto výsledky následně byly využity při dalších analýzách dat.

4.4 Analýza dat

Analýza dat byla provedena pomocí programu R verze 3.4.1. (R Core Team 2017). Nejdříve byla vyhodnocena normalita dat pomocí Shapiro-Wilkova testu normality. Pokud vybraná data měla signifikantní výsledek, bylo dále pracováno s normálním

rozdělením. Následné hodnocení bylo provedeno pomocí metody testu ANOVA. Jako průkazné byly brány hodnoty, pokud $p < 0,05$.

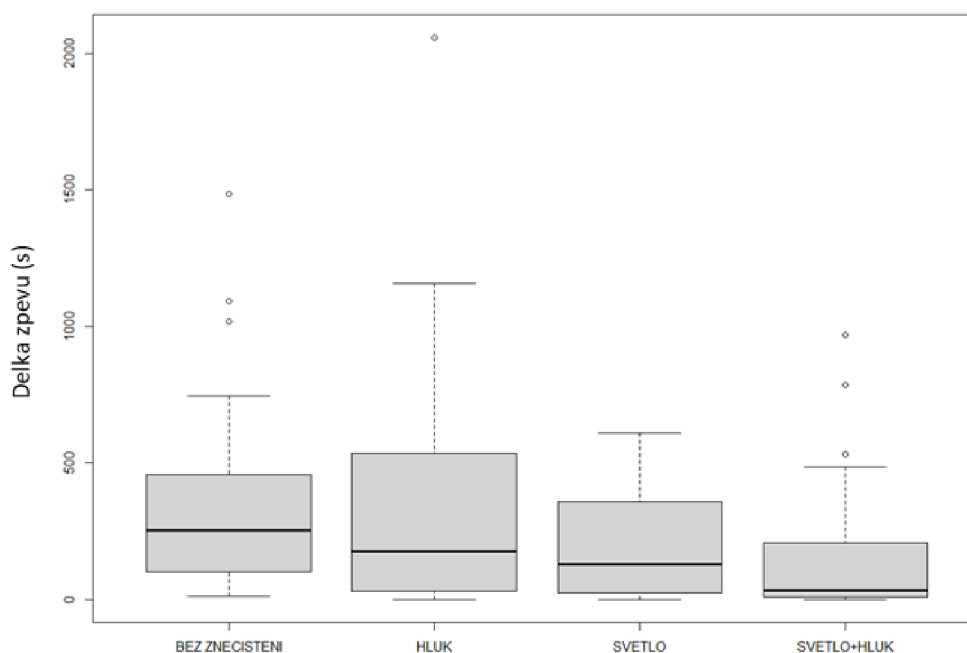
U sledovaného druhu kosa černého (*Turdus merula*) byl hodnocen vliv lokalit se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným i hlukovým znečištěním a také vliv lokalit bez světelného a hlukového znečištění na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof. Následně byl také zjišťován podrobnější vliv světelného a hlukového znečištění spolu s vlivem počasí na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof sledovaného druhu.

5. Výsledky

5.1 Vliv lokalit na délku zpěvu a počet strof

Ve výsledku testu ANOVA nám žádná z vycházejících hodnot pod 0,05 nevyšla. Celková hodnota p nám v tomto případě vyšla na 0,070 viz Tabulka 5, tedy větší než 0,05, i když se této hodnotě velice blížila. Podle tohoto výsledku můžeme říct, že typ lokality na délku zpěvu kosa černého nebyl statisticky průkazný viz Obrázek 1.

Obrázek 1: Vliv lokalit na délku zpěvu.

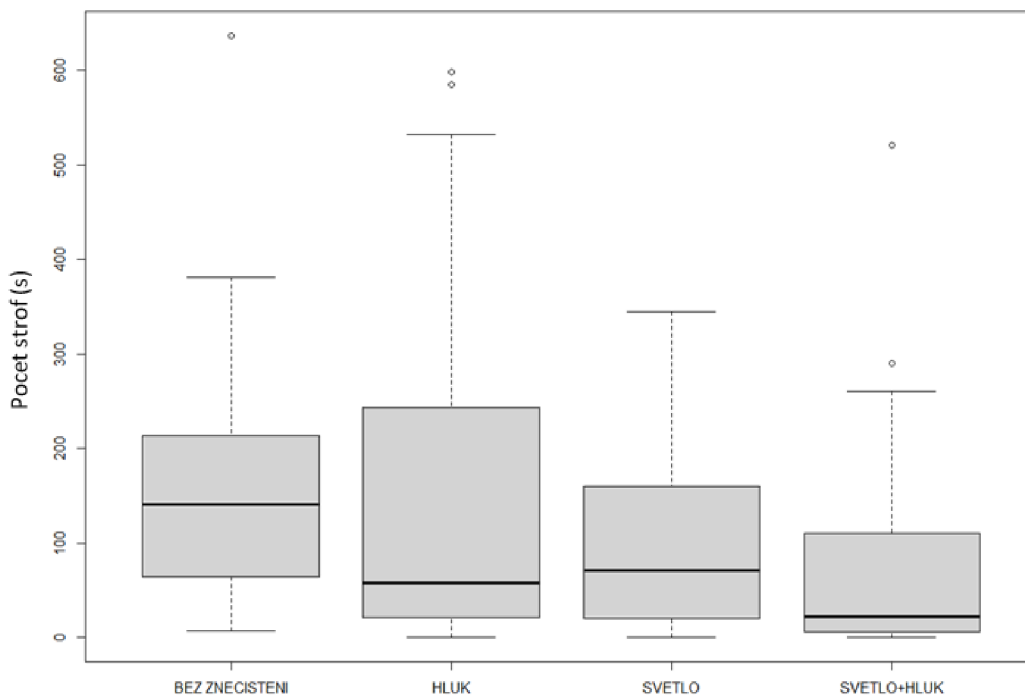


Tabulka 5: Souhrmný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na délku zpěvu.

Proměnná	Residual SE	DF	F-statistic	P-value
Délka zpěvu	348,955	112,000	2,413	0,070

Další hodnotící proměnnou byl počet stromů. Ani u počtu stromů nám však nevyšla žádná z hodnot pod 0,05. Celková hodnota p nám v tomto případě vyšla na 0,103 viz Tabulka 6, a proto nelze říct, že by typ lokalit měl vliv na počet stromů kosa černého viz Obrázek 2.

Obrázek 2: Vliv lokalit na počet stromů.



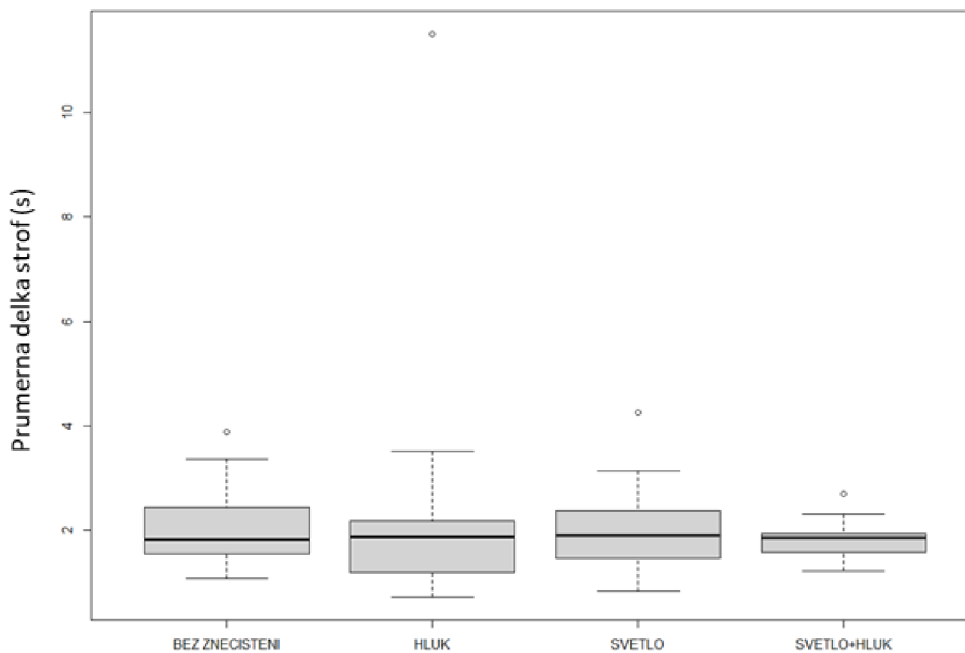
Tabulka 6: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na počet stromů.

Proměnná	Residual SE	DF	F-statistic	P-value
Počet stromů	142,066	112,000	2,108	0,103

5.2 Vliv lokalit na průměrnou délku strof

Ve výsledku testu ANOVA nám žádná z vycházejících hodnot pod 0,05 nevyšla. Celková hodnota p nám v tomto případě vyšla na 0,842 viz Tabulka 7, tedy větší než 0,05. Podle tohoto výsledku můžeme říct, že typ lokality na průměrnou délku strof kosa černého neměl žádný vliv viz Obrázek 3.

Obrázek 3: Vliv lokalit na průměrnou délku strof.



Tabulka 7: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na průměrnou délku strof.

Proměnná	Residual SE	DF	F-statistic	P-value
Průměrná délka strof	115,017	104,000	0,277	0,842

Průměrné délky strof v jednotlivých lokalitách se v závislosti na znečištění podle obrázku příliš neliší. Mediány a jednotlivé kvartily leží přibližně ve stejné výšce. Pouze rozpětí kvartilů v lokalitách, kde je znečištění světlem a hlukem, se zdá být o něco užší než u ostatních typů znečištění. V lokalitách znečištěných hlukem je zajímavá odlehlá hodnota průměrné délky zpěvu 11,5 sekundy.

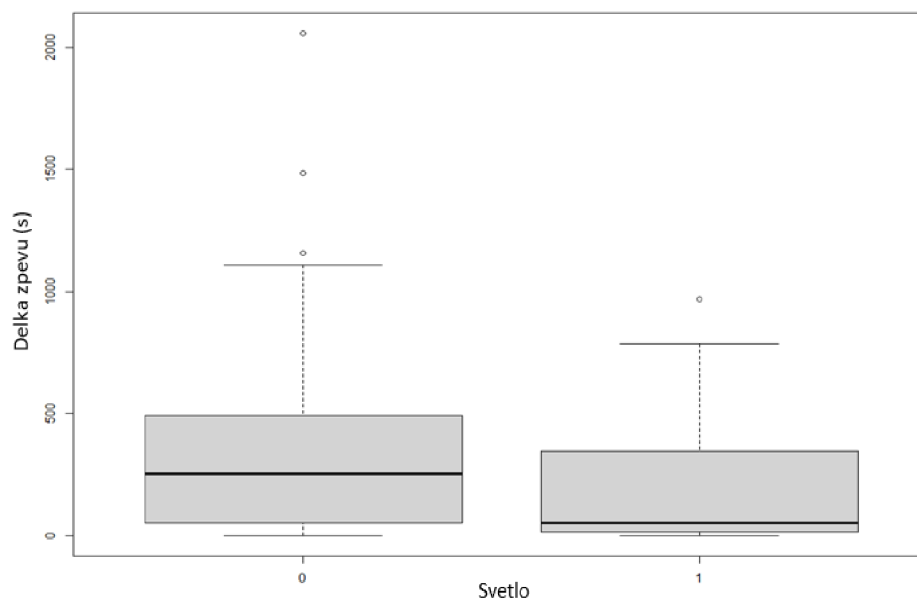
5.3 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na délku zpěvu

Zjišťován byl vliv vybraných faktorů na délku zpěvu sledovaného druhu - hluku, světla a počasí, u kterého byl sledován konkrétně faktor teploty, tlaku a vlhkosti. Vliv faktoru „déšť“ nebyl do modelu zařazen z důvodu malého počtu záznamů. Ze všech sledovaných faktorů vyhověl podmínce $p < 0,05$ pouze faktor světla (0,009) viz Tabulka 8. Níže na Obrázek 4 je uvedena závislost délky zpěvu na faktoru, který vyhověl podmínce.

Tabulka 8: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na délku zpěvu.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-11268,997	6820,027	-1,652	0,101
HLUK	-27,346	66,932	-0,409	0,683
SVĚTLO	-180,323	67,973	-2,653	0,009
TEPLOTA	-3,337	10,917	-0,306	0,760
TLAK	11,683	6,723	1,738	0,085
VLHKOST	-2,422	3,128	-0,774	0,440

Obrázek 4: Vliv přítomnosti světelného znečištění na délku zpěvu.



Z Obrázek 4 je patrné, že délka zpěvu v lokalitách, které jsou zasaženy světelným znečištěním, bývá kratší (níže položený medián i kvartily).

5.4 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na počet strof

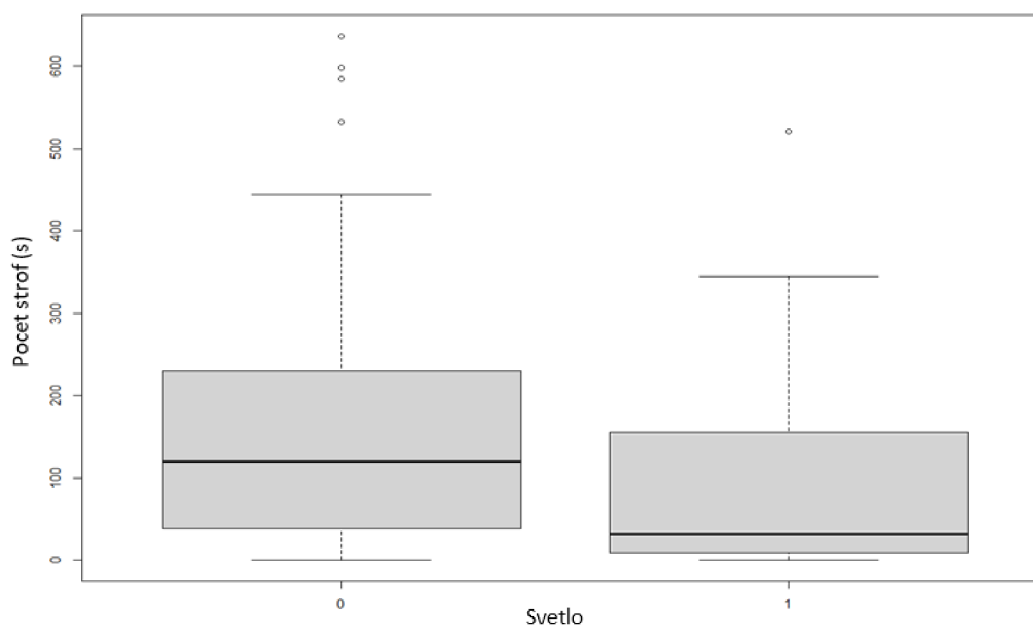
Zjišťován byl vliv vybraných faktorů na počet strof sledovaného druhu - hluku, světla a počasí, u kterého byl pozorován faktor teploty, tlaku a vlhkosti. Ze všech sledovaných faktorů vyhověl podmínce $p < 0,05$ pouze jeden faktor, tím byl faktor světla (0,017) viz Tabulka 9. Vliv faktoru „děšť“ nebyl zařazen do modelu z důvodu malého počtu záznamů.

Tabulka 9: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na počet strof.

	Estimate	Std. error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2344,132	2815,131	-0,833	0,406
HLUK	-11,111	27,627	-0,402	0,688
SVĚTLO	-67,743	28,057	-2,414	0,017
TEPLOTA	-3,599	4,506	-0,799	0,426
TLAK	2,511	2,775	0,905	0,367
VLHKOST	0,167	1,291	-0,130	0,897

Níže je uvedena závislost počtu strof na faktoru světla, který jako jediný vyhověl podmínce.

Obrázek 5: Vliv přítomnosti světelného znečištění na počet strof.



Z Obrázek 5Obrázek 5 je patrné, že počet strof v lokalitách, které nejsou zasaženy světelným znečištěním, bývá vyšší (výše položený medián i kvartily).

5.5 Vliv světelného a hlukového znečištění a počasí na průměrnou délku strof

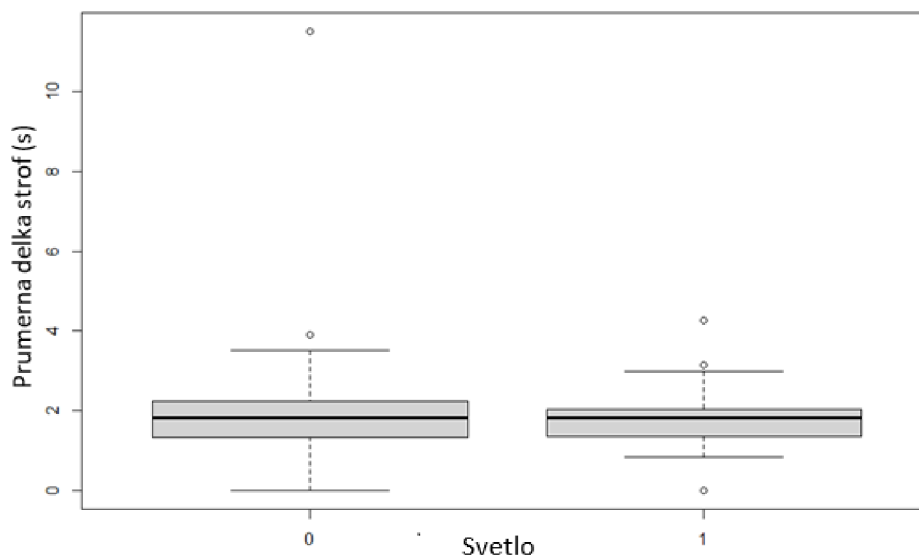
Zjišťován byl vliv vybraných faktorů na průměrnou délku strof sledovaného druhu, a to hluku, světla a počasí, u kterého to byl konkrétně faktor teploty, tlaku a vlhkosti. Ze všech sledovaných faktorů vyhověly podmínce $p < 0,05$ dva faktory, a to faktor světla (0,042) viz Tabulka 10 a tlaku (0,001). Vliv faktoru „déšť“ nebyl zařazen do modelu z důvodu malého počtu záznamů.

Tabulka 10: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na průměrnou délku strof.

	Estimate	Std. error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-90,963	21,746	-4,183	0,001
HLUK	-0,311	0,213	-1,460	0,147
SVĚTLO	-0,444	0,216	-2,052	0,042
TEPLOTA	-0,010	0,034	-0,297	0,767
TLAK	0,091	0,021	4,288	0,001
VLHKOST	-0,001	0,009	-0,192	0,847

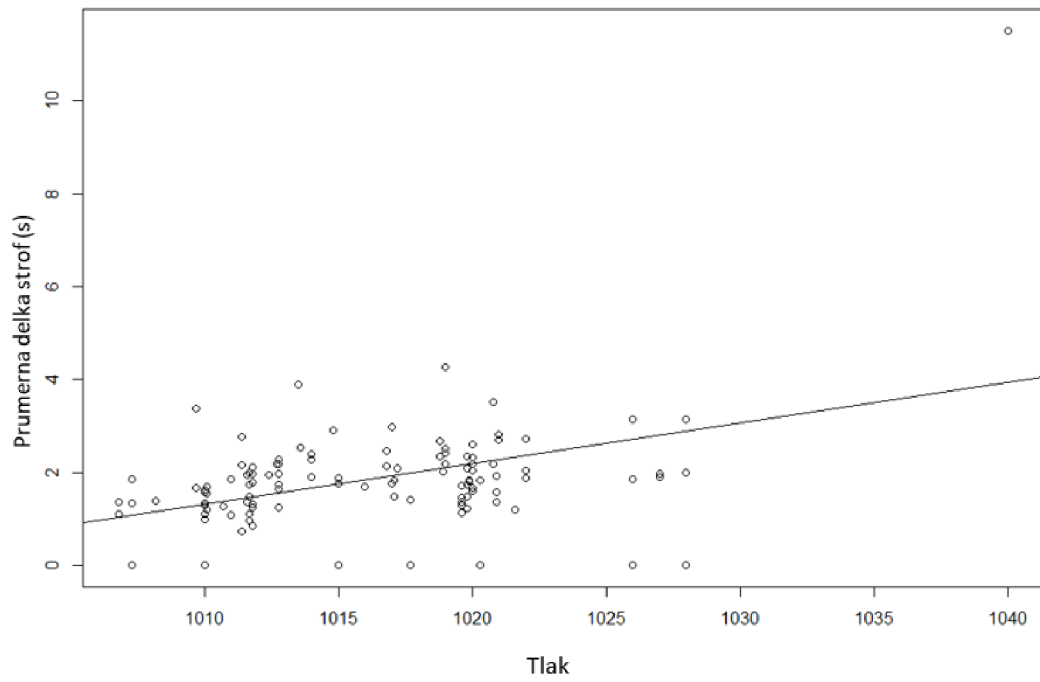
Níže jsou uvedeny závislosti průměrné délky strof na faktorech, které vyhověly podmínce.

Obrázek 6: Vliv přítomnosti světelného znečištění na průměrnou délku strof.



Z Obrázek 6 je patrné, že i přes to, že průměrná délka strof v lokalitách, které nejsou zasaženy světelným znečištěním, bývá delší (výše položený medián i kvartily), tak oba krabicové grafy se od sebe vizuálně výrazně neliší.

Obrázek 7: Vliv tlaku na průměrnou délku strof.



Z Obrázek 7 je patrné, že se zvyšujícím se tlakem dochází k prodloužení průměrné délky strof.

6. Diskuse

V rámci výzkumu probíhalo vyhodnocování a posuzování nahrávek kosa černého z roku 2014 a 2015, které byly pořízeny na 4 typech lokalit: lokality se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, se světelným a hlukovým znečištěním zároveň a lokality bez přítomnosti světelného a hlukového znečištění. Nahrávky kosa černého byly pořizovány v období 60 minut po východu slunce.

V rámci statistických analýz byly vyhodnoceny rozdíly mezi výše zmíněnými typy lokalit na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof. Součástí tohoto výzkumu byly zahrnuty také faktory počasí, a to konkrétně teplota, tlak, vlhkost a vítr.

Výsledek této studie vykazuje, že mezi čtyřmi studovanými typy lokalit nebyl zjištěn rozdíl v ranní hlasové aktivitě kosa černého, tedy typ lokalit neměl vliv na délku zpěvu, na počet strof a ani na průměrnou délku strof. Z výsledků je však zřejmé, že nejnižší hodnoty délky zpěvu a počtu strof byly zaznamenány na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním zároveň, je tedy možné říct, že právě tyto faktory mají negativní vliv na ranní hlasovou aktivitu kosa černého. Naopak nejvyšší hodnoty byly zaznamenány na lokalitách bez znečištění a lokalitách, kde působilo pouze hlukové znečištění, což je velice zajímavý výsledek.

Při vyhodnocování vybraných faktorů (světlo, hluk, teplota, tlak, vlhkost) na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof kosa černého bylo statisticky prokázáno, že znečištění světelné má jednoznačně negativní vliv, jelikož u jedinců, vyskytujících se na lokalitách ovlivněných světelným znečištěním, docházelo ke zkrácení délky zpěvu a ke snížení počtu strof. Taktéž průměrná délka strof vyšla nejkratší u lokalit ovlivněných světelným znečištěním.

Výsledky mé diplomové práce můžeme porovnat s bakalářskou prací Trýznové (2020), která taktéž studovala vliv výše zmíněných lokalit na délku zpěvu a počet strof kosa černého. Zároveň bychom mohli porovnat výsledky s mou bakalářskou prací Červeňáková (2019). Výsledky z časového úseku šedesát minut po východu slunce v obou těchto bakalářských pracích jsou totožné s výsledky této práce, jelikož v ani jedné z bakalářských prací nevyšel signifikantní rozdíl mezi typy lokalit na délku zpěvu či počet strof kosa černého.

V obou pracích byl zároveň zkoumán vliv vybraných faktorů počasí na délku zpěvu a počet strof kosa černého, kde Trýznová (2020) neprokázala vliv u žádného z faktorů

počasí, což je výsledek shodný s výsledkem této práce. Naopak v mé bakalářské práci Červeňáková (2019) byl prokázán vliv teploty na délku zpěvu, kdy se zvyšující se teplotou docházelo ke zkrácení délky zpěvu. Dále byl také prokázán vliv teploty a vlhkosti na počet strof, jelikož při zvyšující se teplotě docházelo ke snížení počtu strof a při zvyšující se vlhkosti docházelo ke zvýšení počtu strof. V mé diplomové práci jsem se navíc zabývala vlivem vybraných faktorů počasí na průměrnou délku strof, kde průkazně vyšel pouze vliv tlaku, jelikož se zvyšujícím se tlakem docházelo k prodloužení průměrné délky strofy. Zároveň v mnohých odborných publikacích byly jednotlivé faktory počasí na hlasovou aktivitu kosa černého prokazatelné právě v souvislosti s teplotou. Například vliv teploty na hlasovou aktivitu kosa černého prokázali Nordt et Klenke (2013), kde při nižší teplotě docházelo k výraznému opoždění začátku ranní hlasové aktivity kosa černého. V této studii se negativně prokázal také vliv zatažené oblohy, a proto teplota a oblačnost dle této studie má velice významnou roli na hlasovou aktivitu kosa černého. Dále byl vliv teploty prokázal Hasan (2010). Dalšími byly zjištěny vlivy silného větru a deště, které v některých studiích měly za následek opožděný začátek hlasové aktivity (Da Silva et al. 2014, Da Silva et al. 2015, Hasan 2010).

V odborné literatuře prakticky chybí studie zabývající se vlivem světelného znečištění na délku zpěvu, počet přednesených strof a průměrnou délku strof, jelikož mnoho autorů se v souvislosti se světelným znečištěním zabývá pouze posunem začátku či konce zpěvu, který u kosa černého prokázaly například Da Silva et al. (2014) a Da Silva et al. (2015).

Proto je velice zajímavou otázkou, jak se může lišit hlasová aktivita před východem slunce s aktivitou po východu slunce. Z tohoto pohledu je možné porovnat mou práci s diplomovou prací Vlacha (2016), který zkoumal začátek zpěvu před východem slunce společně s délkou zpěvu u stejného druhu, kosa černého, a to dokonce na stejných lokalitách. Největší vliv na začátek hlasové aktivity kosa černého před východem slunce měly lokality se světelným i hlukovým znečištěním zároveň, jelikož na těchto lokalitách jedinci kosa černého začínali se svou hlasovou aktivitou přibližně až o 150 minut dříve. Jako dalšími ovlivněnými lokalitami byly lokality se světelným znečištěním, kde jedinci začínali se svou hlasovou aktivitou o 115 minut dříve. Zároveň byla sledována celková délka zpěvu v období od východu slunce, kdy na lokalitách ovlivněných světelným i hlukovým znečištěním zároveň byla délka zpěvu

nejdelší. Naproti tomu sledovaní jedinci v mé diplomové práci měli na této lokalitě délku zpěvu ze všech sledovaných lokalit nejkratší a také počet strof byl výrazně snížený. To může nejspíše souviset s tím, že pokud měli před východem slunce vyšší aktivitu, po východu slunce jí naopak měli již nižší.

Velice zajímavé je porovnání lokalit se světelným znečištěním, kdy u mého kolegy Vlacha (2016) byl prokázán vliv světelně znečištěných lokalit na začátek zpěvu a v této práci vyšel vliv světelného znečištění při celkovém vyhodnocení světelných lokalit. Z těchto poznatků je možné říct, že světelné znečištění má velice významný vliv nejen na začátek hlasové aktivity kosa černého, ale také na konec hlasové aktivity po východu slunce, jelikož v těchto lokalitách se v mé diplomové práci statisticky prokázalo, že zpěv jedinců kosa černého se výrazně zkrátil a počet strof se signifikantně snížil. To může pochopitelně souviset s tím, že po východu slunce světelné znečištění postupně přestává působit a na všech lokalitách začnou působit stejné světelné podmínky. V souvislosti se světelným znečištěním můžeme zmínit jednu z mála nalezených studií Dickerson et al. (2022), zde však byl pozorován pávík černobílý (*Rhipidura leucophrys*), u kterého se počet strof se zvýšenou intenzitou nočního osvětlení výrazně snížil a po jeho vypnutí se počet zpěvů opět navýšil. Kromě toho bylo vyzorováno, že při zvýšeném nočním osvětlení sledovaný druh zpíval o polovinu méně (Dickerson et al. 2022).

V souvislosti se světelným znečištěním je možné zmínit také hlukové znečištění, které v mých výsledcích sice nevyšlo průkazně, ale z výsledků je zřejmé, že jedny z nejvyšších hodnot byly zaznamenány právě na lokalitách s hlukovým znečištěním. To může být právě tím, že kos černý se v těchto lokalitách snaží zvyšovat svou hlasovou aktivitu (Nemeth et al. 2013) možná proto, aby převýšil okolní hluk. V jiné studii vyšel podobný výsledek a sice, že jedinci pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs*) v lokalitách s hlukovým znečištěním z vodopádů a bystřin měli délku zpěvu a počet strof výrazně delší (Brumm et Slater 2006). Výsledky této práce jsou však zcela odlišné od výsledků z roku 2014 (Červeňáková 2019), kde na lokalitách ovlivněných hlukovým znečištěním docházelo ke snížení délky a počtu strof.

7. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo zjistit a vyhodnotit vliv světelně znečištěných lokalit, hlukově znečištěných lokalit, světelně i hlukově znečištěných lokalit zároveň a také lokalit bez žádného znečištění, a to na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof kosa černého (*Turdus merula*) v období 60 minut po východu slunce.

Ačkoliv nejnižší hodnoty délky zpěvu a počtu strof byly zaznamenány na lokalitách se světelným a hlukovým znečištěním zároveň, vliv výše zmíněných lokalit na délku zpěvu, počet strof a průměrnou délku strof kosa černého statisticky prokázán nebyl.

Ze všech celkově sledovaných faktorů (světlo, hluk, teplota, tlak, vlhkost) byl na délku zpěvu a počet strof prokázán pouze vliv faktoru světla. V podstatě tedy na světelně znečištěných lokalitách docházelo ke zkrácení délky zpěvu a ke snížení počtu strof. Na průměrnou délku strof byl kromě vlivu faktoru světla prokázán také vliv tlaku. Tedy na světelně znečištěných lokalitách světlo způsobovalo snížení průměrné délky strof a při zvyšujícím se tlaku docházelo k prodloužení délky strof. Světelné znečištění tak v této práci prokázalo velice negativní vliv. Vliv hlukového znečištění prokázán nebyl.

Ačkoliv jsme se na základě výsledků mé bakalářské práce domnívali, že pro vyhodnocení vlivu lokalit je potřeba větší množství vstupních dat, i přes navýšení jsme došli ke stejnému výsledku a to sice, že žádná z typů lokalit neměla vliv na hlasovou aktivitu kosa černého.

Vzhledem k tomu, že proběhlo již několik sezón, kdy se vstupní data (nahrávky) sbíraly, doporučovala bych, aby pro výzkum byly nasbírány vstupní data další, a to alespoň ze tří dalších sezón. I přes to, že je sběr nahrávek časově určitě velice náročný, tímto navýšením by se možná vliv nějaké ze sledovaných lokalit prokázal.

Dále bych navrhovala provést výzkum světelně znečištěných lokalit v období před východem slunce i po východu slunce, kde by hlavním cílem bylo zjistit začátek zpěvu před východem slunce a následné ukončení zpěvu po východu slunce. Jelikož velice zajímavou otázkou je to, zda dřívější začátek zpěvu na těchto lokalitách způsobuje následné dřívější ukončení zpěvu po východu slunce.

Vzhledem k tomu, že v předešlých pracích nebyl vyhodnocován vliv lokalit či vybraných faktorů, jako je světlo, hluk či počasí na průměrnou délku strof,

doporučovala bych se na toto vyhodnocení také zaměřit, jelikož pak by se výsledky mezi sebou mohly porovnávat.

8. Seznam použitých zdrojů

Angel S., Parent J., Civco D. L., Blei A. et Potere D., 2011: The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000-2050. *Progress in Planning* 75: 53-107.

Aulsebrook A. E., Johnsson R. D. et Lesku, J. A., 2021: Light, Sleep and Performance in Diurnal Birds. *Clocks & Sleep*. 3 (1), 115–131.

Bartomeus I., Sol D., González-Lagos C., Pavoine S. et Haddadn, 2017: Urbanisation and the loss of phylogenetic diversity in birds. *Ecology Letters* 20: 721-729.

Beier P., 2005: Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. Island Press, Washington, DC. 19 – 42.

Brumm H. et Slater P. J. B., 2006: Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 60: 475-481.

Bruni A., Mennill D.J. et Foote J. R., 2014: Dawn chorus start time variation in a temperate bird community: relationships with seasonality, weather, and ambient light. *J. Ornithol.* 155: 877–890.

Cepák J., Klvaňa P., Škopek J., Schröpfer L., Jelínek M., Hořák D., Formánek J. et Zárbynický J., 2008: Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky. Aventinum, Praha.

Cinzano P., Falchi F. et Elvidge C. D., 2001: The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328: 689-707.

Cramp S., 1992: Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Oxford University Press, Oxford.

Červeňáková M., 2019: Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého. práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Da Silva A., Jelmer M., Schlicht M., Valcu M. & 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* 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, Biological Sciences.* 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* 117: 155-165.
- Dickerson A. L., Hall M. L. et Jones T. M., 2022: The effect of natural and artificial light at night on nocturnal song in the diurnal willie wagtail. *The Science of the Total Environment* 808:151986.
- Dominoni D. M., Quetting M. et Partecke J., 2013: Long-term effects of chronic light pollution on seasonal functions of European blackbirds (*Turdus merula*). *PLoS ONE*, 8 (12), 1–9.
- 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* 83/3: 681-692.
- Dominoni D. M. et Partecke J., 2015: Does light pollution alter daylength? A test using light loggers on free-ranging european blackbirds (*Turdus merula*). *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences*. 370 (1667).
- Dominoni D., Smit J. A. H., Visser M. E. et Halfwerk W., 2020: Multisensory pollution: Artificial light at night and anthropogenic noise have interactive effects on activity patterns of great tits (*Parus major*). *Environmental Pollution*. 256 (113314).
- EEA 2006: Urban sprawl in Europe: The Ignored Challenge. EEA, Copenhagen. 56 pp.
- Evans K. L., Gaston K. J., Sharp S. P., McGowan A., Simeoni M. et Hatchwell B. J., 2009a: Effects of urbanisation on disease prevalence and age structure in blackbird *Turdus merula* populations. *Oikos* 118: 774-782.
- Evans K. L., Gaston K. J., Frantz A. C., Simeoni M., Sharp S. P., McGowan A., Dawson D. A., Walasz K., Partecke J., Burke T. et Hatchwell B. J., 2009b: Independent colonization of multiple urban centres by a formerly forest specialist bird species. *The Royal Society* 276: 2403-2410.
- 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* 8: 643-667.

Evans K. L., Chamberlain D. E., Hatchwell B. J., Gregory R. D. et Gaston K. J., 2011: What makes an urban bird? *Global Change Biology* 17: 32-44.

Fuchs R., Škopek J., Formánek J. et Exnerová A., 2002: Atlas hnízdního rozšíření ptáků Prahy. Česká společnost ornitologická, Praha 209 pp.

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.

Grimm N. B., Faeth H. S., Redman C. L., Wu J., Bai X., Briggs J. et Golubiewski N. E., 2008: Global change and the ecology of cities. *Science* 319: 756-760.

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* 1: 13–16.

Hloušková B., 2017: Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*). Diplomová práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Holoubek O., 2015: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků. Bakalářská práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

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: 759-766.

Isaksson C., 2018: Impact of urbanization on birds. In Tietze, D. T. (ed): *Bird Species*. Springer International Publishing, Berlin. 235–257.

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: 1735-1739.

Ki K. S. et Cho W., 2014: Effects of light pollution and environmental factors on dawn song initiation time of Great Tit (*Parus major*). *Korean Journal of Environment and Ecology* 28: 411–418.

- Luniak M. 2004: Synurbization-adaptation of animal wildlife to urban development. In: Shaw et al. (eds.): Proceedings 4th International Urban Wildlife Symposium, Tucson 50-55.
- Marzluff J. M., Bowman R. et Donnelly R., 2001: Worldwide urbanization and its effects on birds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Kluwer Academic Publisher 585 pp.
- McDonnell M. J., Hahs A. H. et Breuste J. H., 2009: *Ecology of Cities and Towns*. Cambridge University Press, Cambridge 746 pp.
- Miller M. W., 2006: Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behavior of American Robins. *The Condor* 108/1: 130-139.
- Moller A.P., 2009: Successful city dwellers: A comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia* 159/4: 849-858.
- Niemela J. 1999: Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems* 3: 57-65.
- 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).
- Nordt A. et Klenke R., 2013: Sleepless in town – Drivers of the temporal shift in dawn song in urban European Blackbirds. *PLoS One* 8: 1-10.
- Partecke J., Schwabl I. et Gwinner E., 2006: Stress and the city: Urbanization and its effects on the stress physiology in European Blackbirds. *Ecology* 87/8: 1945-1952.
- Raap T., Pinxten R. et Eens M., 2015: Light pollution disrupts sleep in free-living animals. *Scientific Reports* 5: 1–8.
- Riley S.P.D., Sauvajot R.M., Fuller T.K., York E.C., Kamradt D.A., Bromley C. et Wayne R.K., 2003: Effects of Urbanization and Habitat Fragmentation on Bobcats and Coyotes in Southern California. *Conservation Biology* 17/2: 566-576.
- Russ A., R ger A. et Klenke Reinhard, 2014: Seize the night: European Blackbirds (*Turdus merula*) extend their foraging activity under artificial illumination. *Journal of Ornithology* 156/1: 123-131.

Sánchez-González K., Aguirre-Obando O. A. et Ríos-Chelén A. A., 2021: Urbanization levels are associated with the start of the dawn chorus in vermilion flycatchers in Colombia. *Ethology Ecology and Evolution* 33(4), 377–393.

Seto K. C., Sanchez-Rodriguez R, Fragkias M., 2010: The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 35:167-194.

Seto K. C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M. K., 2011: A meta-analysis of global urban land expansion. *PLoS ONE* 6(8):e23777.

Seto K. C., Güneralp B. et Hutyrac L. R., 2012: Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *National Academy of Sciences of the United States of America* 109, 16083-16088.

Smith R. A., Gagné M. et Fraser K.C., 2021: Premigration artificial light at night advances the spring migration timing of a transhemispheric migratory songbird. *Environmental Pollution*, 269.

Stuart C.J., Grabarczyk E.E., Vonhof M.J. et Gill S.A., 2019: Social factors, not anthropogenic noise or artificial light, influence onset of dawn singing in a common songbird. *The Auk* 136:1-10.

Studničková J., 2015: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků. Bakalářská práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Šťastný K., Bejček V. et Hudec K., 2006: Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice 2001-2003. Aventinum, Praha, 464 s.

Šťastný K. et Hudec K. (eds.) 2011: Fauna ČR Ptáci 3/I. Academia, Praha, 643 s.

Titulaer M., Spoelstra K., Lange C. Y. M. G. et Visser M. E., 2012: Activity patterns during provisioning are affected by artificial light in free living Great Tits (*Parus major*). *PLoS One* 5: 1–4.

Trýznová B., 2020: Vliv světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého. Bakalářská práce, Katedra aplikované geoinformatiky a územního plánování, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Vlach M., 2016: Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu kosa černého (*Turdus merula*). Diplomová práce, Katedra ekologie, Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze. Nепublikováno.

Walker W. H., Bumgarner J. R., Walton J. C., Liu J. A., Meléndez-Fernández O. H., Nelson R. J. et Courtney De Vries A., 2020: Light Pollution and Cancer. *International Journal of Molecular Sciences* 21(24):9360.

York J. E., Young A. J., Radford A. N. et York J. E., 2014: Singing in the moonlight: dawn song performance of a diurnal bird varies with lunar phase. *Biol. Lett.* 10: 20130970.

9. Seznam obrázků a tabulek

Obrázky

Obrázek 1: Vliv lokalit na délku zpěvu.....	22
Obrázek 2: Vliv lokalit na počet strof.	23
Obrázek 3: Vliv lokalit na průměrnou délku strof.	24
Obrázek 4: Vliv přítomnosti světelného znečištění na délku zpěvu.	25
Obrázek 5: Vliv přítomnosti světelného znečištění na počet strof.	26
Obrázek 6: Vliv přítomnosti světelného znečištění na průměrnou délku strof.	27
Obrázek 7: Vliv tlaku na průměrnou délku strof.	28

Tabulky

Tabulka 1: Podmínky jednotlivých studií zabývající se vlivem světelného znečištění na začátek či konec hlasové aktivity.	6
Tabulka 2: Výsledky studií zkoumajících vliv světelného znečištění.	14
Tabulka 3: Sledované lokality v roce 2014.	19
Tabulka 4: Sledované lokality v roce 2015.	20
Tabulka 5: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na délku zpěvu.	22
Tabulka 6: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na počet strof.	23
Tabulka 7: Souhrnný výsledek testu ANOVA – Vliv lokalit na průměrnou délku strof.	24
Tabulka 8: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na délku zpěvu.	25
Tabulka 9: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na počet strof.	26
Tabulka 10: Přehledová tabulka výsledků testu ANOVA - Vliv vybraných faktorů na průměrnou délku strof.	27