

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra ekologie**



**Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků**

**Bakalářská práce**

**Autor: Ondřej Holoubek**

**Vedoucí práce: Ing. Lenka Hodačová**

**Praha 2015**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ondřej Holoubek

Územní technická a správní služba

Název práce

**Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků**

Název anglicky

**The impact of noise and light pollution on voice activity of birds**

---

### Cíle práce

Posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu u vybraných druhů pěvců především kosa černého (*Turdus merula*) a budníčka menšího (*Phylloscopus collybita*). Hlavním posuzovaným parametrem zpěvu bude jeho průběh v ranních hodinách při východu slunce a ve večerních hodinách při západu slunce.

### Metodika

Výzkum bude probíhat na 4 typech lokalit (se světelným znečištěním, s hlukovým znečištěním, s oběma antropogenními faktory a bez rušivých vlivů) v Praze a jejím okolí. V každé lokalitě budou umístěny diktafony do teritoria jedinců a nahrávání bude probíhat na všech typech lokalit najednou. Nahrávat se bude od začátku dubna do konce května za příznivého počasí (bez silného větru a bouřek). Diktafon bude na lokalitě vždy jeden den od odpoledne do druhého dne odpoledne, byla zachycena ranní a večerní případná noční vokalizace jedinců. Nahrávky budou následně vyhodnocovány, především bude porovnáván průběh zpěvu na odlišných typech lokalit.

### **Doporučený rozsah práce**

cca 30 stran

### **Klíčová slova**

světelné znečištění, hluk, vokalizace, kos černý (*Turdus merula*), budníček menší (*Phylloscopus collybita*)

---

### **Doporučené zdroje informací**

- 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: 20122798
- 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**

2015/06 (červen)

### **Vedoucí práce**

Ing. Lenka Hodačová

Elektronicky schváleno dne 3. 4. 2014

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 4. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 09. 04. 2015

### **Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „ Vliv hlukového a světelného znečištění na hlasovou aktivitu ptáků“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. 4. 2015

.....

**Poděkování:**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Lence Hodačové, vedoucí mé bakalářské práce za její odbornou pomoc, čas, a trpělivost, kterou mi během psaní této práce věnovala. Mgr. Tereze Loskotové za její pomoc při statistickém zpracování dat. Také rodičům, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

## **Abstrakt**

Globální růst populace způsobuje urbanizaci životního prostředí. Následek tohoto jevu je odsunování některých ptačích druhů z jejich přirozeného prostředí, zdevastovaného přeměnou na prostředí městské. Některé z druhů jsou však schopné přizpůsobit se nově vzniklým podmínkám a žít těsné blízkosti člověka. Tyto synantropní druhy jsou však i přes svoji schopnost se přizpůsobit pod vlivem pro ně nepřírodných vlivů. Dva z těchto vlivů jsou hlukové a světelné znečištění. Působení těchto faktorů znečištění na ptačí populace nebylo doposud příliš zkoumáno. V této práci je snaha dokázat, že hlukové a světelné znečištění nemá vliv jen na hlasovou aktivitu ptáků (konkrétně budníčka menšího a kosa černého), ale také i na jeho konec vokalizace při západu slunce a začátek při východu slunce. Porovnávány byly záznamy z průběhu dne na čtyřech typech lokalit, lokalitách světelných, hlučných, světelně-hlučných a klidných, kde jedinci nebyli ničím rušeni. Z výsledku je patrné, že světelné a hlukové znečištění zapříčiňuje změny v aktivitě zpěvu budníčka menšího obývajícím městské prostředí.

**Klíčová slova:** budníček menší (*Phylloscopus collymbita*), hlukové znečištění, světlo, urbanizace, ptačí zpěv, vokalizace

## **Abstract**

Mankind global growing causes urbanization of environment. As a consequence of this phenomenon is movement of some bird kinds from their natural surroundings devastated by transformation to urban background. However some kinds are able to adapt newly coming conditions and live close to human being. In spite of these synanthropic kinds adaptation ability they are exposed to unnatural impressions Noise and light pollutions are two of these influences. These factors impact to the bird population have not been deeply investigated yet. There is an intention in this work to proof that noise and light pollution has not only impact to birds voice activity (actually chiffchaff and blackbird) but also on its finish of vocalization within sunset and start during sunrise. There were compared records from four habitats within course of a day: Light, noisy, light-noisy and quiet locations where the subject was not disturbed by anything. From the findings follow the light and noise pollution causes song activity modifications of chiffchaff populating city habitat.

**Keywords:** chiffchaff (*Phylloscopus collybita*), urbanization, bird song, vocalization, light, noise pollution

# Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle bakalářské práce .....	10
3. Literární rešerše .....	11
3.1. Ptačí zpěv .....	11
3.2. Budníček menší ( <i>Phylloscopus collymbita</i> ) .....	12
3.3. Kos černý ( <i>Turdus merula</i> ) .....	13
3.4. Urbanizace.....	16
3.5. Hluk.....	16
3.6. Světlo.....	19
4. Metodika .....	22
4.1. Sběr dat.....	22
4.2. Studované lokality .....	23
4.2.1. Pražské lokality .....	23
4.2.2. Mimopražské lokality.....	24
5. Vyhodnocování dat .....	25
5.1. Analýza dat.....	25
5.2. Vokalizace budníčka menšího .....	25
5.2.1. Průběh ranní vokalizace .....	25
5.2.2. Průběh večerní vokalizace.....	27
6. Diskuse.....	30
7. Závěr .....	32
8. Seznam literatury .....	33
9. Přílohy.....	37



## 1. Úvod

Míra urbanizace planety v posledních desetiletích závratně stoupá, člověk se vyvíjí stále rychleji a s ním i jeho okolí. Rozšiřující se města a jejich přilehlé komunikace mají neblahý antropogenní dopad na krajinu a živočichy, pro které jsou tato místa přirozeným životním prostředím. Tyto živočichové se pak musí buďto přizpůsobit a zůstat, nebo se přesunout na jiné pro ně adekvátní plochy. Slabberkoon et Ripmeester (2008) tvrdí, že tyto nově vzniklé biotopy jsou silně poznamenané mnoha faktory znečištění, kterými nebyla stávající fauna a flora ovlivněna. V této práci se zaměříme především na vliv světelného a hlukového znečištění a to nejen ze strany ptačí populace, na kterou má podle Marzluffa et al. (2001) světlo a hluk vliv na jejich chování a fyziologické přeměny.

Doposud byl vliv světla na ptačí populaci zkoumán především z hlediska narušení jejich orientace při nočních přesunech, které má většina ptačích druhů společné (Hollan, 2004). Ale nejedná se jen o zhoršení podmínek orientace, vliv změny ekosystému také zapříčiňuje nedostatek potravy, způsobené zvýšenou predací hmyzu, tvořící základní složku ptačí potravy (MŽP, 2015), který přesunující se populace potřebují v dobách odpočinku na nabrání zásob na další cestu. Podle Hasana (2010) je světlo podmět, představující impulz k jejich chování během dne, tedy i vokalizaci. Světelné znečištění může mít tedy vliv na jejich hlasovou aktivitu (Miller, 2006).

Hluk v městském prostředí představuje pro ptáky obecný problém. Svůj zpěv využívají k svým základním složkám komunikace a nemohou se bez něj obejít. Jejich zvukové signály jsou následky hlučných komunikací rušeny (Marzluff et al., 2008). To se projevuje v nemožnosti jedinců rozpoznávat příchozí signály a vede pak ke zvýšené predaci, v horším případě ke zhoršení schopnosti reprodukce. Existují studie (Skiba, 2000), které dokazují změny vokalizace pěnkavy obecné v odlišných městských prostředích, což může vést k narušení mezidruhové komunikace. Ripmeester et al. (2010) dokázali, že signály samců kosa černého obývajících městské habitaty reagují odlišně na vokalizaci jedince přicházejícího z přirozeného prostředí, než na jedince pocházejícího z prostředí městského.

## 2. Cíle bakalářské práce

- Posouzení vlivu světelného a hlukového znečištění na hlasovou aktivitu budníčka menšího (*Phylloscopus collymbita*).
- Porovnání jeho hlasové aktivity ve večerních hodinách, po západu slunce a v ranních hodinách po východu slunce.
- Zhodnocení odlišností vokalizace mezi lokalitami
  - a) se světelným znečištěním
  - b) s hlukovým znečištěním
  - c) se světelným a hlukovým znečištěním
  - d) bez světelného a hlukového znečištění.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Ptačí zpěv

Ptačí zpěv jako takový je jasným znakem pěvců a má několik poslání (Kroodsma et Byers, 1991). Dva hlavní úkoly zpěvu jsou obrana teritoria a zaujmout pozornost reprodukčního partnera (Catchpole et Slater, 1995). Zpěv se pravděpodobně vyvinul právě jako prostředek v soutěži o reprodukční poslání (Kroodsma et Byers, 1991). Z valné většiny druhů ptáků zpívají především samci. Vlastnosti samce se výrazně podepisují na samičím výběru. Samec se při namlouvání snaží prezentovat své kvality, které vedou samici k jeho výběru. Nároky samic se na vlastnosti vokalizace se u každého druhu liší (Nowicky et Searcy, 2004).

Samčí interakce jsou fyzicky velice náročné a jsou s nimi spojená značná nebezpečí, proto se tedy samci těmto bojům snaží vyhnout (Bradbury et Veherencamp, 1998). Soupeři se snaží pomocí signálu, který druhý jedinec vydává na důkaz své kvality, odhadnout protivníkovu sílu (fighting ability, resource holding power), nebo jeho motivaci. A právě na základě této signalizace k boji nedochází, jeden ze soupeřů ustoupí, v případě že vyhodnotí sílu či motivaci toho druhého za větší (Veherencamp, 2001). K výslednému boji dochází ve dvou situacích. První situace nastává, když není možné při střetu těchto signalizací posoudit sílu toho druhého za razantně vyšší, nebo v situaci druhé a to takové, že by méně silný samec svým ústupem ztratil příliš mnoho a proto ho k boji vede velmi silná motivace, což může vést k porážce i jedince fyzicky zdatnějšího (Grafen, 1987).

V případě že tyto signály mají vést k určité informaci o jedincově kvalitě či motivaci, musí být zajištěna věrohodnost tohoto signálu. Slabší jedinci si totiž nemohou dovolit určitou „daň“ kterou je chráněn systém proti nepravdivé signalizaci (Zahavi, 1975). K fungování takového mechanismu ve zpěvu existuje řada možných hypotéz. K jedné z nich patří hypotéza stresu při vývoji (developmental stress hypothesis), která bere v potaz závislost vývoje mozkového hlasového centra na dostatku potravy v mládí jedince (Nowicky et al., 1998). Samec se tedy snaží poukázat na kvalitní geny svých rodičů svým zpěvem, kteří byli schopni mu zajistit dostatek potravy v jeho kritickém období, takže dokazuje svoji vhodnost pro výchovu budoucích potomků. Druhá hypotéza se zabývá možností toho, že méně schopný jedinec není schopen vynaložit tolik energie do tak kvalitního zpěvu, jako

samec druhý. Tato hypotéza je studiích vyvrácena (Gaunt et al., 1996) nebo naopak podporována (Ward et al., 2003).

V několika studiích byly u různých druhů vyzorovány odlišnosti v ptačím zpěvu v rozlišných melodiích a v různých částech dne u spárovaných, či nespárovaných samců. Například u budníčka lesního (*Phylloscopus sibilatrix*) bylo vyhodnoceno omezené užívání melodie pro bránění svého teritoria, oproti vokalizaci vyšší intenzity pro upozornění potencionálních samic (Armhein et al., 2008). Podobné chování bylo pozorováno také u slavíka obecného (*Luscinia megarhynchos*), kdy jeho nespárovaní samci produkovali vokalizaci během dne i noci, přičemž, když došlo k jejich spárování se samicemi, jejich noční vokalizace ustala, čímž byla prokázána potencionální noční vokalizace za účelem vábení samic (Armhein et al., 2008).

Vokalizace ptactva dosahuje nejvyšších hodnot v období jejich hnízdění. Během dne dosahuje vokalizace maximálních hodnot v ranních hodinách chvíli po východu slunce a o něco méně pak za soumraku (Catchpole et Slater, 1995).

### **3.2. Budníček menší (*Phylloscopus collymbita*)**

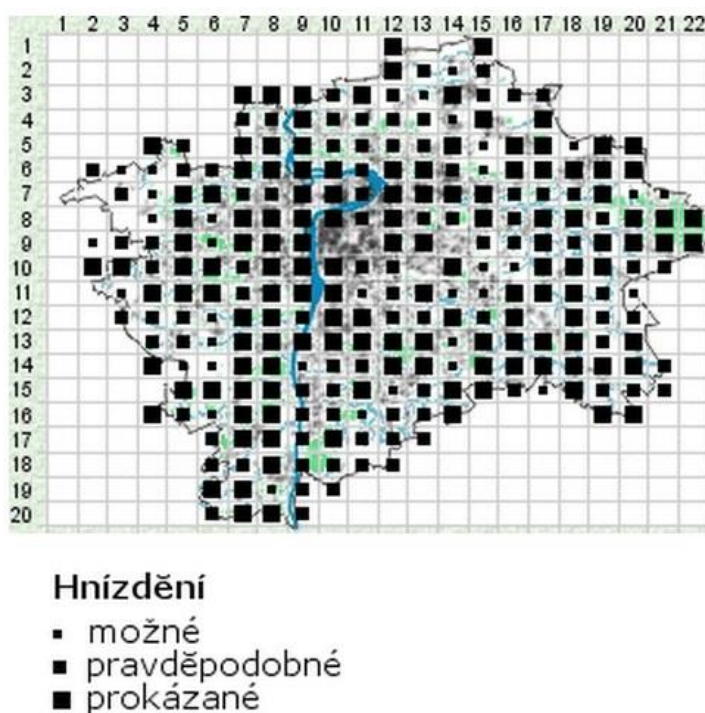
Patří do čeledi pěnicovitých. Je to menší pěvec štíhlého vzhledu, který má na vrchní části těla zelenošedé zbarvení, které zesvětluje při přechodu na jeho spodní část. Nohy má budníček černě zbarvené a jeho kolorit doplňuje nepatrný zažloutlý paprsek přes oko (Černý, 2001). Budníčci jsou hmyzožravý druh lovcí hmyz ze stromů. Poddruhy budníčka je obtížné podle vzhledu určit, proto se jednotlivé druhy určují spíše podle odchylek v jejich vokalizaci. Zvukový projev budníčka je neobyčejně výrazný, pravidelně opakuje „clip-clip, clip-clip“, mezi kterým jemně švitoří (Burnie, 2008). Zhruba v druhé polovině března začíná hlasová aktivita samců, tedy v době formování teritorií. Strop pěvecké aktivity samců nastává v období plodnosti samic, období kladení a konci plodnosti (Rodrigues, 1996).

Budníček menší je tažný druh. Jako zásadní zimoviště jim slouží kompletní oblast Středomoří počínaje Jižní Francií, přes Malou Asii po severní Afriku. V letech 2001 až 2003 bylo posouzeno jeho zastoupení na 900 000 až 1 800 000 párů (Šťastný et al., 2006). Hranice výskytu budníčka se v Evropě stále posunuje k severu. Do České Republiky se stěhuje na jaře v březnu až dubnu, odlétá na podzim během září a října. Každý rok se však vyskytují výjimky, kdy někteří jedinci přezimují (Fuchs,

2002). Při výběru hnízdního prostředí je tento druh zcela nenáročný. Hnízdí v lesích rozličných typů, nezáleží, zda je to les jehličnatý, nebo listnatý, jedná se pak především o lesy parkovitého typu, periferiích lesa a lesích bohatých na podrosty (Fuchs, 2002). Hnízda bývají na mýtinách, nebo v jejich blízkosti na zemi, či v porostu nízko nad ní (Hudec et Šťastný, 2005).

Budníček menší (obrázek č. 1) patří k nejobvyklejším pěvcům hnízdicím v Praze, i zde jsou však výjimky a to především v panelové, nebo blokové zástavbě, kde není zeleň. Problémem jsou i větší parkové prostory, které jsou více frekventované a pravidelně udržované (Riegrovy sady, Karlovo náměstí), na periferiích Prahy zůstávají neosídleny oblasti, kde převažují zemědělské pozemky. Budníčka menšího lze klasifikovat jako nejhojnějšího budníčka v Praze, vzhledem k tomu, že jeho výskyt může být i vyšší než šedesát párů na některých plochách. K nejpočetnějším lokalitám se řadí především lesy na okrajích Prahy (Fuchs, 2002). Budníčka menšího tedy můžeme zařadit mezi druh, který je schopen obývat lidská sídla stejně tak jako ve volné přírodě, ale zároveň je schopen se přizpůsobit náhradní lokalitě. V tomto případě mluvíme o klidných parcích, okrasných zahradách a meziblokové zeleni. Co se týče rozdílu mezi početností hnízdicích budníčků menších v minulosti a současnosti, nedá se mluvit o markantním rozdílu (Fuchs, 2002).

### 3.3. Kos černý (*Turdus merula*)



Obrázek č. 1 - Hnízdní zastoupení budníčka menšího v Praze (zdroj: <http://www.wmap.cz/opk/ptaci/>)

Patří do čeledi drozdovitých. Samec kosa má zcela černě zbarvené peří, nohy a oční kroužek má zažloutlé a zobák je oranžový. Oproti tomu samička má tmavě hnědou barvu se špatně viditelnými tmavými skvrnami na hrudi. Mláďata mají světlavé proužky na zádech. Kosi se živí sběrem hmyzu a žížal z půdy a zpoza spadáných listů, někdy také drobnými plody jakou jsou bobule (Burnie, 2008). Zpěv kosa černého je velmi melodický. Jeho varovný zpěv zní jako nízké ostré „čak – čak“ (Burnie, 2008). Vábí poměrně hlasitým „tak – tak – tak“, na jaře i velmi často dlouhým „slí“, v případě vyrušení a na večer při západu slunce zpívá opakovaným a velmi pronikavým „dix – dix – dix“ (Fuchs, 2002).

Hnízdní prostředí kosa černého je neobyčejně různorodé (Fuchs, 2002). Tomu odpovídá i mapa jeho rozšíření se 100% obsazením všech kvadrátů (obrázek č. 2). V ČR žije téměř všude (Hudec et Šťastný, 2005). Obývá všechny možné typy lesů (zvláště jejich periferie). Hnízdí však i v otevřené krajině s rozlišnými typy strukturální zeleně. Ve městech to pak jsou zpravidla zahrady, parky, hřbitovy ale i centra největších sídlišť. (Fuchs, 2002). Naši kosi jsou z části tažní a z části stálí. Městské populace kosa dosáhly takové míry synantropizace, že většinou zimují v lidských sídlech. Ti tažní, pocházející z lesních oblastí se do svých hnízdišť vracují kolem března a dubna, do zimních stanovišť v jižní a západní Evropě odlétají během září a října (Hudec et Šťastný, 2005).

Kos černý je jeden z nejběžněji hnízdících pěvců v Praze. Oblasti bez výskytu kosa jsou z valné většiny zemědělsky obhospodařované pozemky, které postrádají porosty dřevin a jakoukoli zástavbu. V Praze se ovšem nacházejí i oblasti s podobnými podmínkami, kde ale kos černý hnízdí, jako je třeba ruzyňské letiště. Kvantita kosa černého v některých oblastech Prahy překračuje dvě stě párů, což kosa řadí mezi nejpočetnější pražské pěvce (Fuchs, 2002). Jedny z nejpočetnějších zastoupení najdeme ve vilových zástavbách, a to především v rezidenčních čtvrtích severozápadně od centra města (Dejvice, Bubeneč, Střešovice, Košíře). Nejvyšším počtem hnízdících kosů se pravděpodobně vyznačují velké i malé parky (Královská obora, Zoologická zahrada v Troji, Petřín, Olšanské hřbitovy, Vyšehrad). V příměstských periferiích jen zřídka nalezneme více než sto hnízdících párů (Suchdol, Horní Počernice, Újezd nad Lesy). Za tyto hodnoty pravděpodobně kromě menších rozloh, může odlišný charakter zahrad obsahující větší zastoupení ovocných stromů, nepřilíš vhodných pro hnízdění kosa černého (Fuchs, 2002). V oblastech

novějších panelových sídlišť početnost hnízdících kosů většinou nepřesahuje padesát párů. Jsou zde i výjimky jako Malešice, do značné míry to ovlivňuje stáří sídliště, které rozhoduje o jeho množství hnízdění vhodné zeleně, především pak nižších jehličnanů. Za jedny z nejchudších oblastí na hnízdící kosi pak lze považovat starší blokovou zástavbu jako je například Staré město a Holešovice, za předpokladu, že jejich součástí nejsou větší parkové plochy. Početnost sto párů, není překročena ani v oblastech příměstských lesů a hájů (Závist, Divoká Šárka, Klánovický les). Nejnižší počet hnízdících párů v Praze tedy najdeme v okrajových oblastech, kde jsou zemědělsky obhospodařované pozemky. Tam počet dvaceti hnízdících párů překročíme pouze tehdy, je-li v kvadrátu bohatší rozptýlená zeleň vhodná pro hnízdění (Fuchs, 2002). Kos černý patří mezi synantropní pěvce, což dokazují výsledky, kdy hnízdění hustota kosů je podstatně vyšší v optimálních městských biotopech, než hustota v přírodních stanovištích. Tyto populace se však vyznačují určitým posunem v hnízdění a potravní biologii. Na druhé straně je důležité dodat, že obývají jen prostředí s co nejvyšším podílem keřů a trávníku a to omezuje jejich možnost přizpůsobení (Fuchs, 2002).



Obrázek č. 2 - Hnízdění zastoupení kosa černého v Praze (zdroj: <http://www.wmap.cz/opk/ptaci/>)

Kromě nejsevernějších částí obývá kos téměř celou Evropu. Dále pak severozápadní Afriku a oblast od Malé Asie po Čínu. Jeho adaptabilita, je nejvyšší ze všech drozdů, což nám dokazuje jeho hnízdění na Azorských ostrovech, Islandu a Faerských ostrovech, jeho populace neustále expanduje v závislosti na tom, jak člověk uměle vytváří pro kosa vhodné prostředí (Hudec et Šťastný, 2005).

### **3.4. Urbanizace**

V posledních letech pozorujeme nepřírozeně rychlý růst měst, intenzitu výstavby komunikací a dalších prvků spojených s trendem rozvoje městského prostředí. Tento jev označujeme jako urbanizaci a je spojen s globálním růstem lidské populace. Urbanizace má za následek devastaci přirozeného prostředí a odsouvání přirozené fauny a flory. Nově utvořené prostředí je silně poznamenáno světelným znečištěním, dramatickým nárůstem hluku a mnoha dalšími faktory (Slabberkoorn & Ripmeester, 2008). Pro ptačí populaci však urbanizace a její degradace přirozeného prostředí neznamena vždy jeho odsunutí ze stávajících stanovišť. Ptáci se řadí mezi obratlovce s vysokou mírou adaptability, takže jsou schopni se přizpůsobit i životu v těsné blízkosti lidí, což má za následek jejich změny chování a fyziologické přeměny (Marzluff et al., 2001). Jaký vliv má hluk a světelné znečištění nejen na ptačí populaci, jsou popsány v následujících kapitolách.

### **3.5. Hluk**

Jak už bylo řečeno, ptačí zpěv je nepostradatelnou složkou komunikace. Slouží především k hájení ptačích teritorií a k vábení samic. Přenos těchto zvukových signálů však mnohdy ruší některý ze přírodních zdrojů hluku, jako jsou silné povětrnostní podmínky, hučení řek, případně jiní živočichové. V případě že určitý druh živočicha chce žít v blízkosti člověka, je potřeba, aby se adaptoval na hluk, který je produkován lidskou činností (Marzluff et al., 2008). Jako největší příklad tohoto jevu se dá uvést právě městské prostředí, nepřetržitý hluk vyvolávající lidská činnost vede ke ztížení, nebo případnému znemožnění živočichů vyměňovat, či rozpoznávat jejich signály. Ve studii Pohl et al. (2009) experimentálně prokázali, že pro sýkorku koňadru je v hlučném prostředí daleko komplikovanější detekovat příchozí signál. Hluk takového charakteru je díky urbanizaci a rozvoji komunikačních sítí v posledních dekadách na dramatickém vzestupu (Slabberkoorn et



Ripmeester, 2007). Nemožnost jedince rozpoznat tyto akustické signály může vést k tomu, že se stane jednoduchou kořistí pro predátory, především pak vede k tomu, že má jedinec menší šanci k nalezení svého hnízdního protějšku. Aby tedy jedinci žijící v hlukově znečištěném prostředí nebyly znevýhodňovány, musejí se oproti svým protějškům žijícím v přirozeném prostředí, nějakým způsobem s tímto hlukem vyrovnávat. Mezi městskými a mimoměstskými jedinci studiích dokázané vokalizační rozdíly. Důsledek tohoto jevu může vést až k akustické rozdílnosti mezi jednotlivými populacemi (Slabbekoorn et Peet, 2003). Toto může mít za následek evoluční změny ve skladbě signálu užívaného při komunikaci na delší vzdálenost. Signály mohou být přizpůsobovány do frekvenčních pásem, které nejsou tolik, případně vůbec náchylné na hluk (Brumm, 2004).

Při porovnání lesního prostředí a prostředí městského je jednoznačné, že je přenos méně efektivní v městském prostředí. Je to způsobeno nejen zvýšeným hlukem, ale také vysokými budovami a jejich velkými betonovými plochami či zdmi. Přenášené signály mohou být v tomto prostředí ovlivněny, nebo do určité míry deformovány (Slabbekoorn et Ripmeester, 2007). Časování zpěvů na určitou dobu se dá považovat za jeden ze základních způsobů, jak se vyhnout maskování zpěvu. Že ptáci vokalizují nejvíce během ranních hodin (po svítání a krátce po něm) je vesměs známo. Nebyly však nalezeny statisticky doložitelné výsledky, potvrzující vyšší kvalitu přenosu signálu, než v ostatních částech dne. Je tedy vysoká pravděpodobnost, že tento jev ranní vokalizace je způsoben postupným přibýváním hluku v průběhu dne. Ptáci se tedy snaží svůj zpěv soustředit do takové doby, kdy nejsou tolik rušeni okolním hlukem městského prostředí (Bronw et Handford, 2003).

Během dne a týdne kolísá hodnota okolního hlukového znečištění, na kterou mohou ptáci reagovat. Bylo zjištěno, že samci zvonohlíka zahradního (*Serinus serinus*) mají kratší dobu zpěvu při menším hlukovém znečištění, než při vyšších hodnotách urbanizačního hluku. Podle výsledků studie, to je způsobeno faktem, že ve více hlučném prostředí je větší problém zachytit signál, než v prostředí relativně klidném, takže samci zvonohlíka ve snaze zvýšit svoji šanci být zachyceni jinými jedinci, především tedy samicemi vokalizují delší dobu (Diaz et al., 2011).

Další způsob, jak se vyhnout maskování zpěvu je změna frekvence. Tato oblast je nejvíce zkoumanou problematikou, zabývající se degradací signálu. Jak jsou

rozdílná prostředí, kde populace hnízdí, tak jsou také rozdílné podmínky pro přenos signálu (Slabbekoorn et al., 2002). Vlivem rozmachu komunikací přibývá v posledních desetiletích aut, zvuk motorů aut působí na nižších frekvencích. Jedinci obývající okolí takto hlukově znečištěných lokalit vokalizují obvykle na vyšší frekvenci, než jedinci v přirozeném, nebo ne takto hlukově postiženém místě (Catchpole et Slater, 2008). Druhy vokalizující na nižší frekvenci mají tedy sklony být více ovlivňovány hlukem v městském prostředí (Hu et Cardoso, 2009). Naopak ptáci, jejichž vokalizace se nese na vyšší frekvenci, mohou snáze osidlovat tyto pro ostatní druhy hůře dostupné oblasti a to je zvyhodňuje. Jedna z možností pro tyto znevýhodněné druhy je najít si ve městském prostředí vyšší bod, na kterém se zefektivní jejich hlasová frekvence (Nemeth et al., 2013). Druhy, které jsou schopny vokalizovat ve větším rozsahu tónu, jsou také pravděpodobně zvyhodněni díky možnosti upravovat svůj zpěv a vyvarovat se nízkofrekvenčnímu zpěvu, který je v městských zástavbách rušen (Rabin & Greene, 2002). Možnost volit určité druhy vokalizace byla prokázána u některých druhů. Například samci sýkory koňadry mohou volit až mezi devíti zpěvy lišící se od sebe úrovní frekvence. Tyto frekvence pak vybírají podle míry hluku okolního prostředí během dne a tím předcházejí rušení jejich signálu (Halfwerk & Slabberkoorn, 2009). Je tu však i negativní dopad této vlastnosti. Samice si vybírají své protějšky na základě kvality signálu, který samec produkuje. Kvalitnější signály představují pro samice ty signály fungující na nižší frekvenci. Samci sýkory, musí tedy volit kompromis, mezi poměrem schopnosti tónu se nést a zároveň zachování jeho kvality na její zaujetí. Tento jev může mít vliv na reprodukční schopnost jedinců obývajících hlučné městské prostředí (Slabberkoorn & Ripmeester, 2008).

Tato nutnost některých druhů může mít za příčinu vytváření různých dialektů. Pozorováním pěnkavy obecné (*Fringilla coelebs*) v okolí německých měst (Remscheid, Solingen, Wuppertal) bylo zjištěno, že pěnkavy obývající tato města vytvářejí rozlišné dialekty na základě geografie jejich hnízdění (Skiba, 2000). Je tedy zřejmé, že mezi stejnými druhy žijících déle v rozdílných prostředích dochází k diferenciaci vokalizačních signálů, což se může podepsat na komunikaci mezi jednotlivými jedinci (Mockford et Marshall, 2009). Samci kosa černého obývajících hlučné městské prostředí reagují intenzivněji na signály kosa přicházející od jedince obývajících stejné prostředí, než na jedince vokalizující na nižší frekvenci pocházející

z prostředí relativně klidnějšího a naopak. Toto chování může vést k problémům osídlení novou populací městské prostředí z jejich přirozeného prostředí. Tito nově přichozí jedinci by pravděpodobně neuspěli v bojích o nová teritoria se stávající populací (Ripmeester et al., 2010).

### **3.6. Světlo**

Světlo je nepostradatelná složka potřeb člověka. Tak jak se člověk rozvíjel a s ním i jeho potřeby se veřejné osvětlení stalo nedílnou součástí životního prostředí. Rozšíření veřejného osvětlení je v dnešní době natolik velké, že se stalo nejvíce ovlivňujícím faktorem světelného znečištění (Habel et al., 1995). Příroda po miliony let fungovala na principu střídání dne a noci. Světlo, které vytváří člověk pro své potřeby, se stalo narušitelem tohoto koloběhu. Následky tohoto fenoménu nese jak příroda, tak i člověk a jeho zdraví (MŽP, 2015).

V minulosti měl člověk své biologické rytmy uspořádané podle cyklu dne-noci. Jediný velký zdroj světla pro něj představoval svit měsíce a hvězd (Hollan, 2010). Jak už bylo řečeno, s vývojem člověka souvisí také jeho technický rozvoj a potřeba umělého nahrazení světla, ať už je to za účelem bezpečnosti, nočních činností a obecně více možností uspořádání aktivit v průběhu dne. Při vývoji společnosti se na možnost toho, že světlo může být i škodlivé nikdo moc neohlížel, bylo bráno jako pracovní nástroj (Hollan, 2004). Dnes je již známo, že přebytek světla může vést ke zdravotním potížím, například poruchám spánku.

Při spánku dochází k uklidnění veškeré aktivity a změně vědomí. Je to bezprostřední proces, který potřebuje každý z nás. Průměrný dospělý člověk vyžaduje každý den alespoň 6-8 hodin spánku. V určitých fázích spánku dochází ke změnám tělesných funkcí, mezi které se řadí kolísání tělesné teploty, změny krevního tlaku a zpomalení srdeční funkce (Rokytař et al., 2008). Poruchy spánku zapříčiňuje zhoršení tvorby melatoninu, což je hormon, který se v lidském těle začíná produkovat ve večerních hodinách a vrcholných hodnot dosahuje kolem třetí hodiny ráno, dále pak ustupuje do minimálních hodnot a v těch zůstává po zbytek dne. Tvorba melatoninu je potlačována právě přítomností světla v nočních hodinách. V případě, že v první polovině noci, než má hodnota hormonu dosáhnout maximální hodnoty je přítomné světlo, dojde ke zpoždění syntézy o dvě hodiny. Přítomnost světla během druhé půlky noci pak znamená počátek syntézy až o 3 hodiny dříve

(Rokytař et al., 2008). Zpoždění syntézy může mít za následek předčasné probuzení, a v případě dřívější syntézy je následek ranní ospalost. Tyto faktory způsobují nedostatek spánku a mohou pak vést k některým psychickým i fyzickým onemocněním jako je deprese, nesoustředěnost a stálé pocity únavy (Hollan, 2004).

Studie dokazují, že v současné době je 20% povrchu země světelně znečištěno a v některých zemích je 100% plochy tímto jevem zasaženo (Cinzano et al., 2001). Tento problém se ke vztahu k ptákům začal řešit v polovině 19. století, kdy bylo zjištěno, že jsou tahy ptáků ovlivněny majáky, to vedlo ke zrodu jedné z prvních ornitologických stanic na ostrově Helgoland. Většina druhů táhne v noci a jejich orientace je založená na pozorování hvězd. Vzhledem k velkému množství světelných bodů nacházejících se na zemském povrchu způsobují táhnoucím ptákům dezorientaci a to především ve zhoršených pozorovacích podmínkách (Hollan, 2004). Z časového hlediska je to pak především doba kolem půlnoci, kdy ptáci začínají klesat a snaží se vyhledat místo, kde by si přes den odpočinuli. Ptáci pak vlivem dezorientace naráží do výškových, především moderních prosklených budov. Nejvíce případů lze pozorovat u velkoměst protínajících tahy ptáků, které vedou především v přímořských oblastech, kolem řek a jezer. Je důležité dodat, že nárazy těchto dezorientovaných ptáků nepatří k nejvíce příčinám vedoucím k usmrcení, k těm patří nedostatek nalezené potravy vinou změny tahu a následnému úbytku tělesného tuku potřebného k uložení energie pro další tah. To dokazují výzkumy na letišti v Lombardii (Hollan, 2004). V roce 1993 vznikla v Kanadě organizace na ochranu ptáků FLAP (Fatal light awareness program), která se snaží o docílení snížení světelného znečištění v městském prostředí alespoň v době tahů. Velký problém představuje Toronto, křížuje trasu velice náročnému tahu, přičemž tuto cestu každý rok část ptáků nepřežije. Členové této organizace se při každém migračním období během brzkých hodin snaží chytat dezorientované jedince do sítí a v následujících několika hodinách je vypouští mimo město (FLAP, 2011).

Dosud nebyla věnována pozornost dopadům světelného znečištění na fyziologickou stránku ptactva. Zpěv je u ptáků spojen s intenzitou světla (Johnson, 1988). Podle Millera (2006) v případě, že intenzita světla vyvolává vokalizaci, existuje možnost, že světelné znečištění má dopad na hlasovou aktivitu na populační úrovni. Ptačí vnímání světla je velice vyvinuté, světlo pro ně představuje podnět k migraci, rozmnožování, ale především k jejich chování během dne (Hasan, 2010).

Studii vlivu nočního osvětlení se zabývali Kempenaers et al. (2010). Pozorovali pět běžně synantropních pěvců, u čtyř vyzorovali začátek samčí vokalizace v ranních hodinách dříve, než u jedinců obývajících lesní typy stanovišť. Také prokázali, že samci pohybující se v okolí pouličních osvětlení byli dvakrát tolik úspěšní při hledání svého protějšku, na rozdíl od jedinců v lesních lokalitách. Vliv světelného znečištění na reprodukční chování v tomto pozorování dokazuje také to, že samice sýkory modřinky (*Cyanistes caeruleus*) v lokalitách znečištěných světlem snesly vejce průměrně o 1,5 dne dříve.

Negativní vliv umělého nočního osvětlení je prokázán také na hmyz. Celá škála nočních druhů se orientuje pomocí světelných signálů, které pro ně v přirozeném prostředí představuje měsíc, jasná obloha, blesk či oheň. V oblastech znečištěných nočním osvětlením je běžný jev, při kterém vysoké počty jedinců opakovaně nalétávají do ohnisek znečištění místo toho, aby plnili svoji funkci vůči ekosystému (Hollan, 2004). Hmyz takto ovlivněný světlem se pak stává velice snadnou kořistí pro své predátory (netopýry), nebo se dostane do špatně utěsněného osvětlení a při kontaktu s výbojkou ve většině případu umírá. To vede k úbytku hmyzu, což má v neposlední řadě i negativní vliv na ptáky, vzhledem k tomu že hmyz je nepostradatelnou složkou jejich potravy (MŽP, 2015).

## 4. Metodika

### 4.1. Sběr dat

Hlasová aktivita byla zaznamenávána na diktafony Sony ICD-PX333. Nahrávání probíhalo od začátku dubna do začátku června (tabulka č. 1) a to vždy jeden den v týdnu, kdy se diktafony rozmístily do všech čtyř typů lokalit (klidná, hlučná, světelná, světelná i hlučná). Ve dnech, kdy probíhalo nahrávání, se dbalo na vhodné podnebí a příznivé povětrnostní podmínky. Do teritoria jedince se vždy umístil diktafon, tak aby byla zřetelně slyšet jeho vokalizace. Během období nahrávání bylo pořízeno 62 nahrávek budníčka menšího.

	klid	hluk	světlo	světlo + huk
<b>2-3-4.2014</b>	Strašínský les	Říčanský les	Olšanské hřbitovy 2	Riegrovo sady
<b>7-8. 4. 2014</b>	Strašínský les	Říčanský les	Stromovka	park Přátelství
<b>19-20. 4. 2014</b>	Olšanské hřbitovy1 Strašínský les	Říčanský les	Stromovka	Letenské sady
<b>1-2. 5. 2014</b>	Strašínský les	Milíčovský les	Stromovka	park Flajšnerka
<b>8-9. 5. 2014</b>	Strašínský les	Říčanský les	Petřín	Letenské sady
<b>16-17. 5. 2014</b>	Strašínský les	Říčanský les	Stromovka Hostivařský park	Hostivařský park
<b>21.22.5.2014</b>	Klánovický les1	Klánovický les2	Kinského zahrady	Riegrovo sady
<b>30-31. 5. 2014</b>	Kersko 1 Strašínský les	Kersko 2 Milíčovský les	Petřín Hostivařský park	Letenské sady Hostivařský park
<b>4-5. 6. 2014</b>	Kersko 1	Kersko 2	Kinského zahrady	Kinského zahrady

Tabulka č. 1 - Rozpis jednotlivých dnů a lokalit nahrávání a jejich zařazení



jsou díky své úloze brány jako klidná a neosvětlená oblast s rozlohou kolem 50 ha. Park Stromovka (Královská obora) založená koncem 16. století, tvoří díky množství indukovaných dřevin významné arboretum. Jeho rozloha je kolem 100ha a vlivem veřejného osvětlení je to světelná lokalita, stejně tak Petřín a Kinského zahrady, které jsou díky přítomnosti rušné komunikace v dolní části parku brány i jako částečně hlučná lokalita s celkovou rozlohou kolem 50 ha. Další monitorovanou lokalitou jsou Letenské sady, které se řadí k nejvýznamnějším parkům v Praze s celkovou rozlohou 52 ha. Mezi světelně-hlučné lokality patří park Přátelství s 0,46 ha, Riegrovy sady (11 ha) a park Flajšnerka, které jsou v oblasti zasažené hlučnými komunikacemi.

#### **4.2.2. Mimopražské lokality**

K mimopražským lokalitám, které byly předmětem výzkumu, se řadí Říčanský les, situován 10 kilometrů jihovýchodně od Prahy, převládá zde smrk a borovice. Tato lokalita je hlukově ovlivněná silnicí první třídy, která les křížuje. Jeho rozloha je společně se Strašínským lesem 650 ha, Strašínský les se díky své větší vzdálenosti od komunikace řadí ke klidným lokalitám. Zde převládají listnaté porosty se směsí dubu, buku a břízy. Kersko vzdálené 20 kilometrů na východ od Prahy je přírodní park o rozloze 2 332 hektarů, znečištěný hlukem vzniklým dálnicí D11. Díky borovým a březovým porostům ležícím na štěrkopískovém podloží se Kersko řadí k chráněným územím.



## 5. Vyhodnocování dat

Shromážděná data z jednotlivých lokalit byla od září 2014 do února 2015 postupně vyhodnocována. Každá nahrávka byla rozdělena do patnáctiminutových intervalů, ve kterých byla zaznamenána délka zpěvu. Vyhodnocována byla doba hodinu před a hodinu po západu slunce, a ranní vokalizace hodinu před a tři hodiny po východu slunce, kdy nastává doba, kdy budníček vokalizuje nejintenzivněji. Zaznamenána byla také poslední večerní a první ranní vokalizace.

### 5.1. Analýza dat

K analýze dat byl použit program Statistica 7, za jeho pomoci se vypočetl průměr a standardní chyba (SE). K tomuto průměru byla vždy přičtena a odečtena standardní chyba ( $\pm$ SE). Z výsledných dat byly vytvořeny grafy jak pro ranní, tak pro večerní úseky vokalizace budníčka menšího.

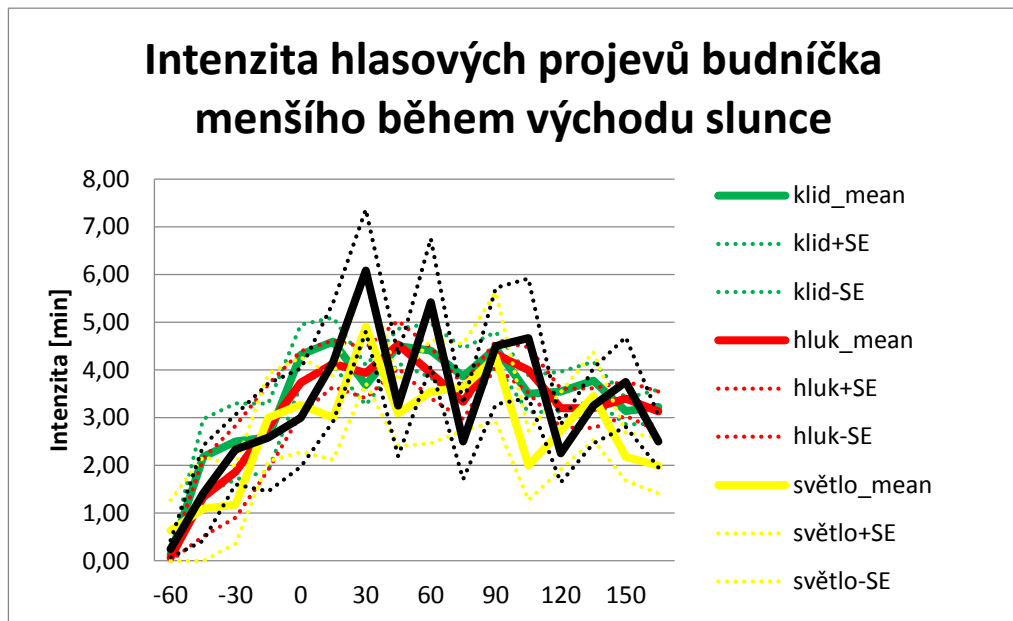
Data neměla normální rozdělení, proto byla pro jejich analýzu použita neparametrická ANOVA – takzvaný Kruskal-Wallisův test (je součástí námi využívaného programu Statistica 7). K získaným výsledkům byly vytvořeny krabicové grafy, znázorňující rozdíly mezi jednotlivými typy sledovaných lokalit. Tyto grafy jsou založené na průměru, směrodatné chybě a směrodatné odchylce.

### 5.2. Vokalizace budníčka menšího

Sběr dat k analýze vokalizace budníčka menšího probíhal vždy současně na čtyřech rozdílných typech lokalit. Zaznamenáván byl vždy večerní konec a ranní začátek zpěvu. Dále byla předmětem sledování délka jeho vokalizace před západem a po východu slunce.

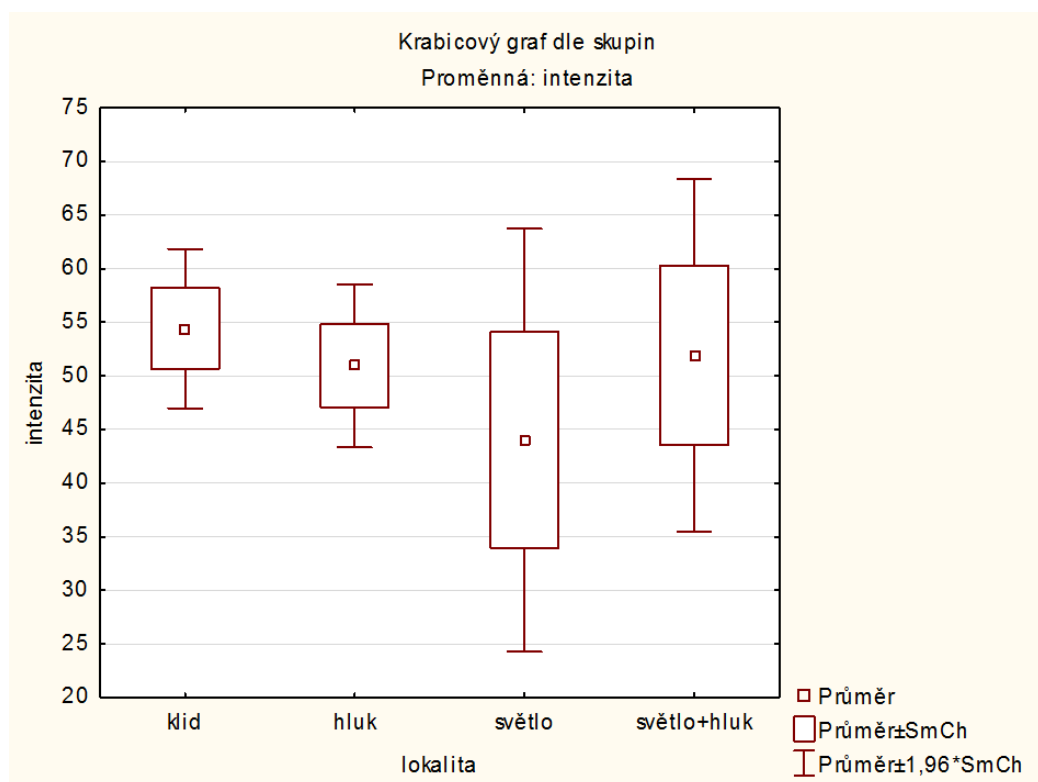
#### 5.2.1. Průběh ranní vokalizace

Na grafu č. 1 je zachycen průběh hlasové aktivity samců budníčka menšího hodinu před východem slunce a tři hodiny po východu slunce. Je zřetelné, že největší intenzita zpěvu budníčka je v oblastech světelně-hlučných a naopak nejmenší intenzita vokalizace byla shledána na lokalitách znečištěných světlem.



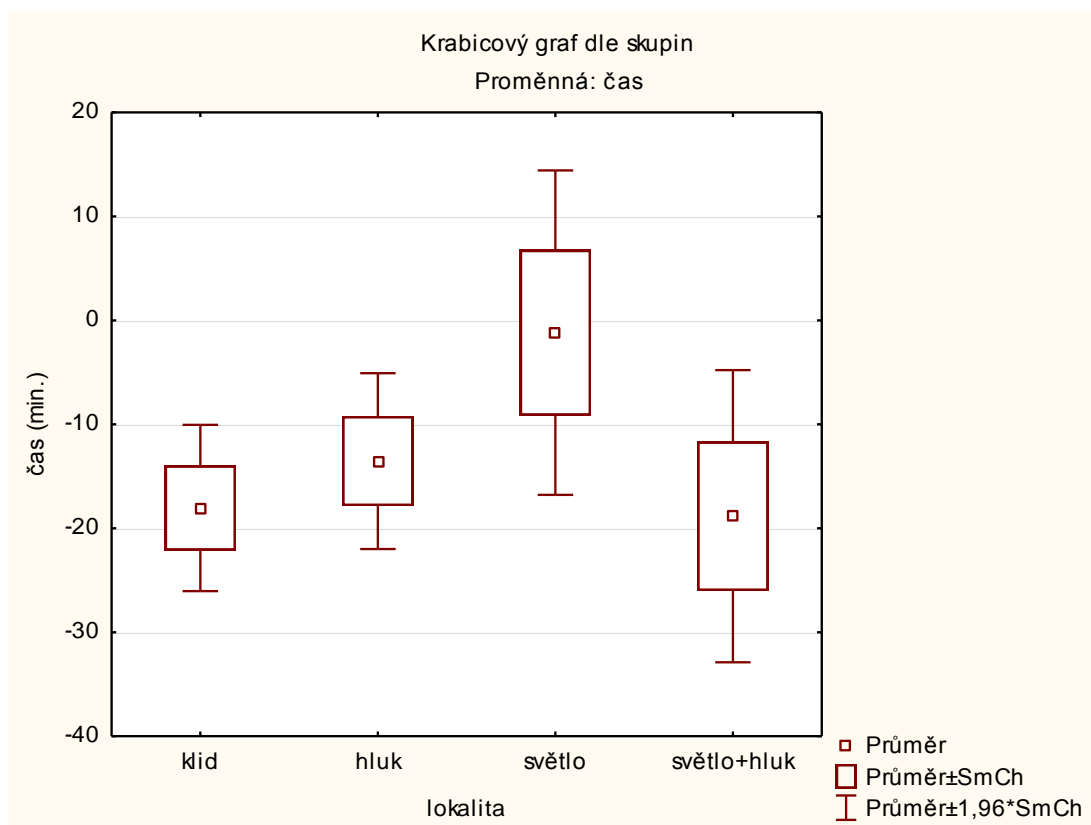
Graf č. 1 - Průběh vokalizace budníčka menšího během východu slunce

Výsledek Kruskal-Wallisova testu znázorňuje vztah mezi intenzitou vokalizace budníčka a typem lokality jím obývané, z výsledku je patrné, že není signifikantní. Kruskal-Wallisův test:  $H(3, N=60) = 3,654736, p = 0,3012$ . Není prokázán vliv typu lokality na intenzitu vokalizace budníčka menšího (obrázek č. 4).



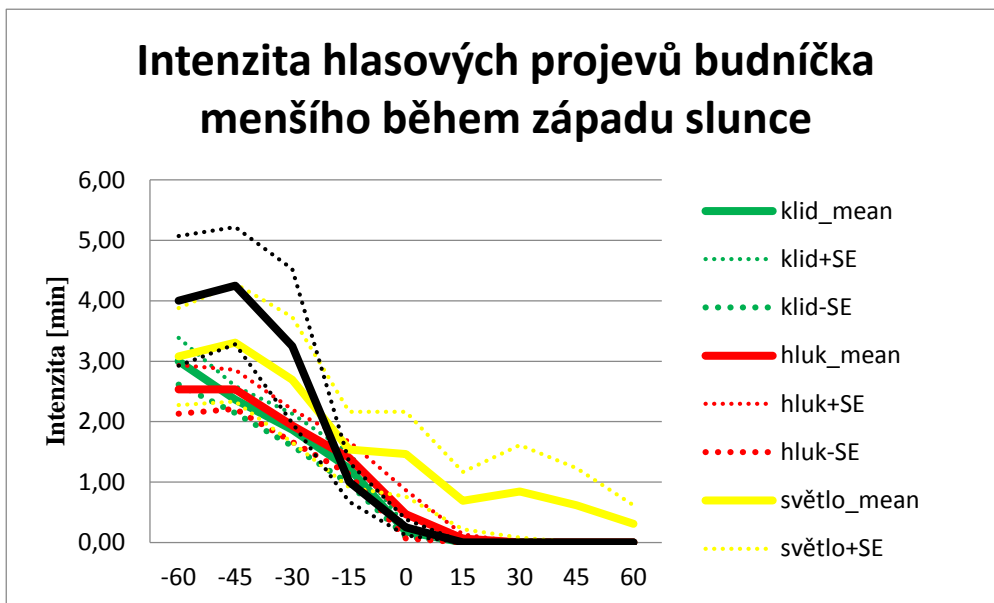
Obrázek č. 4 – Intenzita hlasových projevů budníčka menšího během východu slunce

Dále byl testován vliv typu lokality na počátek hlasové aktivity budníčka menšího. Výsledek Kruskal-Wallisova testu ukazuje, že vztah mezi načasováním vokalizace a lokalitou není signifikantní - Kruskal-Wallisův test:  $H(3, N=60) = 4,325454$ ,  $p = 0,2284$ . Není prokázáný vliv typu lokality na počátek vokalizace budníčka menšího (obrázek č. 5).



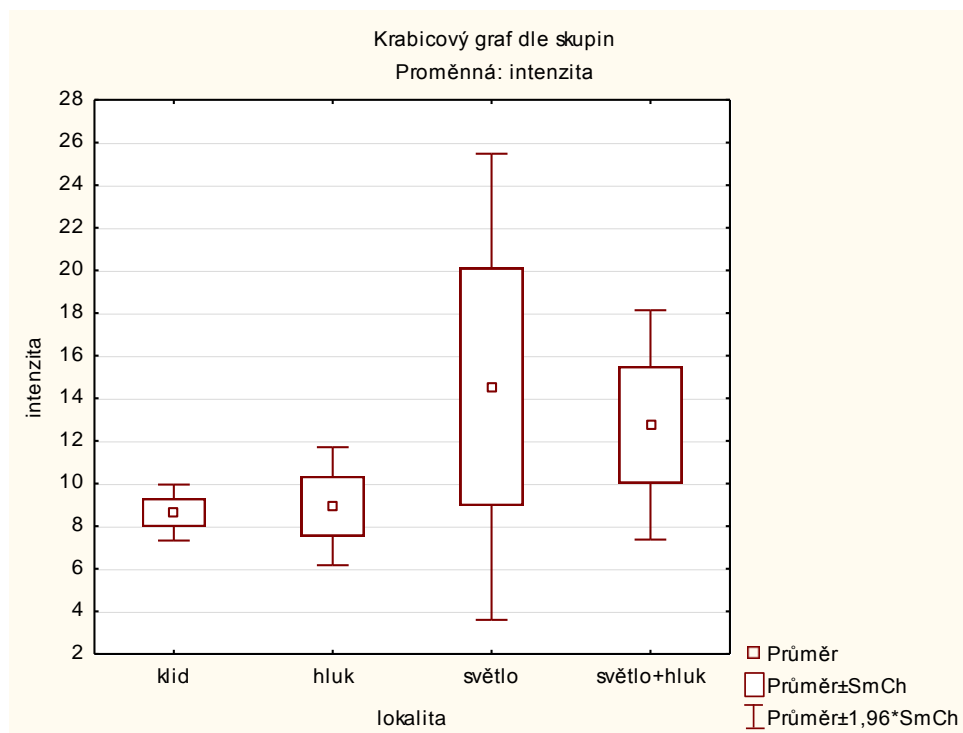
### 5.2.2. Průběh večerní vokalizace

Na grafu č. 2 je znázorněn průběh zpěvu budníčka menšího hodinu před a hodinu po západu slunce. Je patrné, že na světelně znečištěných lokalitách byli jedinci budníčka déle aktivní než jedinci na ostatních druzích lokalit. V oblastech znečištěných jak světlem, tak i hlukem byli zase samci budníčka nejvíce aktivní před západem slunce.



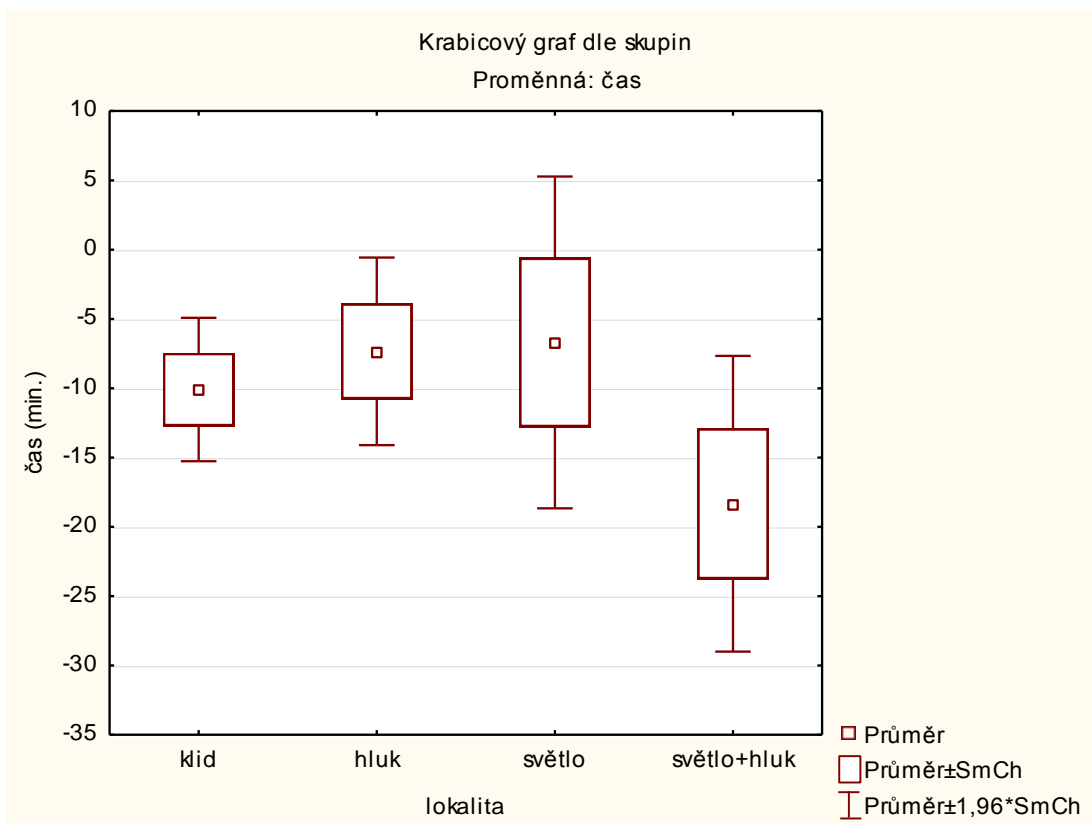
Graf č. 2 – Průběh vokalizace budníčka menšího během západu slunce

Výsledek Kruskal-Wallisova testu ukazuje, že vztah mezi intenzitou vokalizace budníčka menšího a typem lokality není signifikantní - Kruskal-Wallisův test:  $H(3, N=62) = 0,5709717, p = 0,9030$ . Není prokázán vliv typu lokality na večerní průběh vokalizace budníčka menšího (obrázek č. 6).



Obrázek č. 6 – Intenzita hlasových projevů budníčka menšího během východu slunce

Dále byl testován vliv typu lokality na konec hlasové aktivity budníčka menšího. Výsledek Kruskal-Wallisova testu ukazuje, že vztah mezi koncem hlasové aktivity budníčka menšího a typem lokality není signifikantní - Kruskal-Wallisův test:  $H(3, N=62) = 3,248288$ ,  $p = 0,3549$ . Není prokázáný vliv typu lokality na konec vokalizace budníčka menšího (obrázek č. 7).



Obrázek č. 7 – Vokalizace budníčka menšího při západu slunce

## 6. Diskuse

Výsledky této studie vykazují, že ani jedna z lokalit, které byly monitorovány (světelná, hlučná, světelně-hlučná a klidná) nemají výrazný vliv na počátek ani konec vokalizace budníčka menšího. Oproti tomu Miller (2006) ve své studii prokázal, že u jedinců drozda stěhovavého (*Turdus migratorius*) existuje spojitost, mezi stupněm vlivu umělého osvětlení a právě jejich předčasnou ranní vokalizací. Sledoval počátek zpěvu drozda na odlišných stanovištích, s rozdílnou silou znečištění nočním umělým osvětlením. Na místech, kde bylo světelné znečištění nejsilnější, pak jedinci drozda začínali s vokalizací již během noci. Toto tvrzení podporuje i Kempnaers et al. (2010). V této studii byly sledovány tyto druhy: pěnkava obecná (*Fringilla coelebs*), sýkora modřinka (*Parus caeruleus*), sýkora koňadra (*Parus major*), kos černý (*Turdus merula*) a červenka obecná (*Erithacus rubecula*). U čtyř druhů z pěti pozorovaných pěvců vyzoroval, že samci obývající takto znečištěné habitaty začínají s ranní vokalizací dříve, nežli jedinci obývající lesní biotopy. Sběr dat u tohoto pozorování probíhal po dobu sedmi let, byl prokázán především vliv světelného znečištění na reprodukci sýkory koňadry a jako druh nejvíce citlivý na světelné znečištění byla vyhodnocena červenka obecná.

Vliv na počátek vokalizace nenese jen světelné, či hlukové znečištění. Nordt et Klenke (2013) ze své studie vyvozují, že načasování zpěvu kosa černého je závislé na čtyřech faktorech. Těmi ukazateli jsou světlo, hluk, oblačnost a okolní teplota. Oblačnost a teplota podle nich, pak hraje významnou roli v načasování kosího zpěvu.

Dále pak nebylo prokázáno negativní ovlivnění budníčka menšího v lokalitách monitorovaných na znečištění hlukem, či světlem (nebo obojím) z pohledu prodloužené aktivity jedinců zde zaznamenávaných. Negativní vliv světelného znečištění na hlasovou aktivitu potvrzuje ve své studii i Fuller et al. (2007). Ten se zaměřil na vliv hluku a světla na jedince červenky obecné (*Erithacus rubecula*). Ale naopak doložil výsledky, ze kterých je zřejmé, že hluk má na prodlouženou aktivitu červenky obecné výrazný vliv. Z 67 zaznamenávaných míst se na 18 místech během nočních hodin ozývala vokalizace červenky. Na jedné z těchto lokalit, kde bylo v průběhu noci naměřeno stejné hlukové znečištění jako ve dne, zpíval samec jen v noci. Tyto výsledky vyvrací závěr Kempnaersa et al. (2010), že je červenka obecná výrazně ovlivněna světlem.

Z výsledků této práce pak vyplývá, že nejintenzivněji vokalizovali budničci ve světelně-hlučných oblastech a to jak po východu slunce, tak i před západem slunce. To by se dalo vysvětlit zvýšenou úrovní hlukového znečištění v dobách zvýšené lidské aktivity v těchto dopravně frekventovaných hodinách.

## 7. Závěr

Je zřejmé, že světelné a hlukové znečištění má vliv na synantropní druhy obývající městské prostředí. Antropogenní vlivy a jejich dopad na ptáčí populace je potřeba podrobněji studovat, doposud není zveřejněno mnoho studií, které se touto problematikou zabývají. Tento výzkum je zaměřen na vliv světelného a hlukového znečištění na budníčka menšího (*Phylloscopus collymbita*). Sledované lokality se od sebe lišily mírou znečištění antropogenními vlivy, které se běžně vyskytují v každém městském prostředí. Lokality byly rozděleny na světelné, hlučné, světelně-hlučné a klidné. Výsledná data - nahrávky vokalizací byly mezi sebou jednotlivě statisticky porovnávány a zkoumány jejich odlišnosti v závislosti na typu lokality.

- Výsledky studie neprokázaly jednoznačné výkyvy začátků a konců vokalizace budníčka menšího na městských stanovištích ovlivněných světlem a hlukem, oproti sledovaným jedincům v klidných mimopražských lokalitách.
- Z vyhodnocených nahrávek nebyla zjištěna večerní vokalizace budníčků po západu slunce, kteří byli ovlivněni pro tento druh ve večerních hodinách, nepřírozenými rušivými jevy.
- Dále byla zjištěna zvýšená aktivita budníčků vokalizujících na světelně-hlučných lokalitách v dobách po východu slunce a před západem slunce, oproti jedincům obývajícím lokality znečištěním nezasazené.
- Je možné, že výsledky této práce nejsou průkazné z důvodu trvání výzkumu pouze jedné sezóny, studie podobných typů vedené po dobu několika let se projeví jako signifikantní. Do další studie bych tedy doporučil mapovat více druhů po dobu více sezon společně se sledováním možné noční vokalizace.



## 8. Seznam literatury

- **AMRHEIN V., JOHANNESSEN L. E., KRISTIENSEN L. et SLAGSVOLD T., 2008:** Reproductive strategy and singing activity: blue tit and great tit compared. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62/10: 1633-1641.
- **BRADBURY J. et VEHRENCAMP S. L., 2011:** Principles of animal communication. 2nd ed. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates. *Cornell University*, 697s.
- **BROWN T. J. et HANDFORD P., 2002:** Why birds sing at dawn: the role of consistent song transmission. *Ibis* 145/1: 120-129.
- **BRUMM H., 2004:** The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology* 73/4: 434-440.
- **CATCHPOLE C. et SLATER P., 2008:** Bird song: biological themes and variations. *New York: Cambridge University Press, Cambridge*.
- **CINZANO P., FALCHI F. et ELVIDGE C. D., 2001:** The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 328/3: 689-707.
- **DIAZ M., PARRA A. et GALLARDO C., 2011:** Serins respond to anthropogenic noise by increasing vocal activity. *Behavioral Ecology* 22/2: 332-336.
- **FUCHS R., 2002:** Atlas hnízdního rozšíření ptáků Prahy: 1985-1989 (aktualizace 2000-2002). Ilustrace Jan Hošek. *Česká společnost ornitologická, Praha*, 319 s.
- **FULLER R. A., WARREN P. H. et GASTON K. J., 2007:** Daytime noise predicts nocturnal singing in urban robins. *Biology Letters* 3: 368-370.
- **GAUNT A. et BUCHER T. L., 1996:** Is singing costly?. *The Auk*. 133/3: 718-721.
- **GRAFEN A., 1987:** The logic of divisively asymmetric contests: respect for ownership and the desperado effect. *Animal Behaviour* 35/2: 462-467.
- **HABEL J., 1995:** Světelná technika a osvětlování. *FCC Public, Praha*, 437 s.

- **HALFWERK W. et SLABBEKOORN H., 2009:** A behavioural mechanism explaining noise-dependent frequency use in urban birdsong. *Animal Behaviour*. 78/6: 1301-1307.
- **HOLLAN J., 2004:** Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky. Dostupné z: [http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava\\_noc.pdf](http://amper.ped.muni.cz/noc/zprava_noc.pdf), cit. 26. 1. 2015.
- **HOLLAN J., 2010:** Světelné znečištění. *Veronica* 24/2: 2-3.
- **HU Y. et CARDOSO G. C., 2009:** Are bird species that vocalize at higher frequencies preadapted to inhabit noisy urban areas?. *Behavioral Ecology* 20/6: 1268-1273.
- **HUDEC K., BALÁT F. et ŠTĀSTNÝ K., 2005:** Ptáci: Aves. *Academia, Praha*, 581-1203 s.
- **KEMPENAERS B., BORGSROM P., LOES P., SCHLICHT E. et VALCU M., 2010:** Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. *Current Biology Vol. 20:* 1735-1739.
- **KROODSMA D. et BYERS B., 1991:** American zoologist: The function(s) of bird song. *Oxford University Press*, 31/2: 318-328.
- **MARZLUFF J. M., BOWMAN R. et DONNELLY R., 2001:** Avian ecology and conservation in an urbanizing world. *Kluwer Academic Publishers, Boston*, 589 s.
- **MARZLUFF J. M., 2008:** Urban ecology: an international perspective on the interaction between humans and nature. *New York: Springer*, 807 s.
- **MENNECHEZ G. et CLERGEAU P., 2006:** Effect of urbanisation on habitat generalists: starlings not so flexible?. *Acta Oecologica* 30/2: 182-191.
- **MILLER M. W., 2006:** Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins. *The Condor* 108/1: 130-139.
- **MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY, 2015:** Světelné znečištění a příroda. Amatérská prohlídka oblohy. Dostupné z: [http://svetelneznecisteneni.cz/data/letacky/svetel\\_znecisteneni\\_priroda.pdf](http://svetelneznecisteneni.cz/data/letacky/svetel_znecisteneni_priroda.pdf), cit. 22. 2. 2015.
- **MOCKFORD E. J. et MARSHALL R. C., 2009:** Effects of urban noise on song and response behaviour in great tits. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 176/1669: 2979-2985.

- **NEMETH, E., PIERTTI, N., ZOLLINGER S. A., GEBERZAHN N., PARTECKE J., MIRANDA A. C. et BRUMM H., 2013:** Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. *The Royal Society* 280/1754. Dostupné z: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1754/20122798.e-letters>, cit 1. 4. 2015.
- **NORD A. et KLENKE R., 2013:** Sleepless in Town Drivers of the Temporal Shift in Dawn Song in Urban European Blackbirds. *PLoS ONE*. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071476>, cit 12. 3. 2015.
- **NOWICKI S. et WILLIAM A. S., 2004:** Song Function and the Evolution of Female Preferences: Why Birds Sing, Why Brains Matter. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1016/1: 704-723.
- **NOWICKI S., PETERS S. et PODOS J., 1998:** Song Learning, Early Nutrition and Sexual Selection in Songbirds. *Integrative and Comparative Biology* 38/1: 179-190.
- **POHL N. U., SLABBEKOORN H., KLUMP G. M. et LANGEMANN U., 2009:** Effects of signal features and environmental noise on signal detection in the great tit, *Parus major*. *Animal Behaviour* 78/6: 1293-1300.
- **RABIN L. A. et GREENE C. M., 2002:** Changes to acoustic communication systems in human-altered environments. *Journal of Comparative Psychology* 116/2: 137-141.
- **RIPMEESTER E. A. P., MULDER M. et SLABBEKOORN H., 2010:** Habitat-dependent acoustic divergence affects playback response in urban and forest populations of the European blackbird. *Behavioral Ecology* 21/4: 876-883.
- **RODRIGUES M., 1996:** Song activity in the chiffchaff: territorial defence or mate guarding?. *Animal Behaviour* 51/3: 709-716.
- **ROKYTA R., 2008:** Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech. *ISV nakladatelství, Praha*, 426 s.
- **SKIBA R., 2000:** Mögliche Dialektselektion des Regenrufes beim Buchfink (*Fringilla coelebs*) durch Lärmbelastung — Prüfung einer Hypothese. *Journal of Ornithology* 141/2: 160-167.

- **SLABBEKOORN H, ELLERS J et SMITH T. B., 2002:** Birdsong and sound transmission: The benefits of reverberations. *The Condor* 104/3: 564-573.
- **SLABBEKOORN H. et PEET M., 2003:** Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 426/6946: 139-145.
- **ŠŤASTNÝ K., BEJČEK V. et HUDEC K., 2009:** Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice: 2001-2003. *Aventinum, Praha*, 463 s.
- **VEHRENCAMP S. L., 2001:** Is song-type matching a conventional signal of aggressive intentions?. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 268/1476: 1637-1642.
- **WARD S., SPEAKMAN J. R. et SLATER P. J. B., 2003:** The energy cost of song in the canary, *Serinus canaria*. *Animal Behaviour* 66/5: 893-902.
- **ZAHAVI A., 1975:** Mate selection - A selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology* 53/1: 205-214.

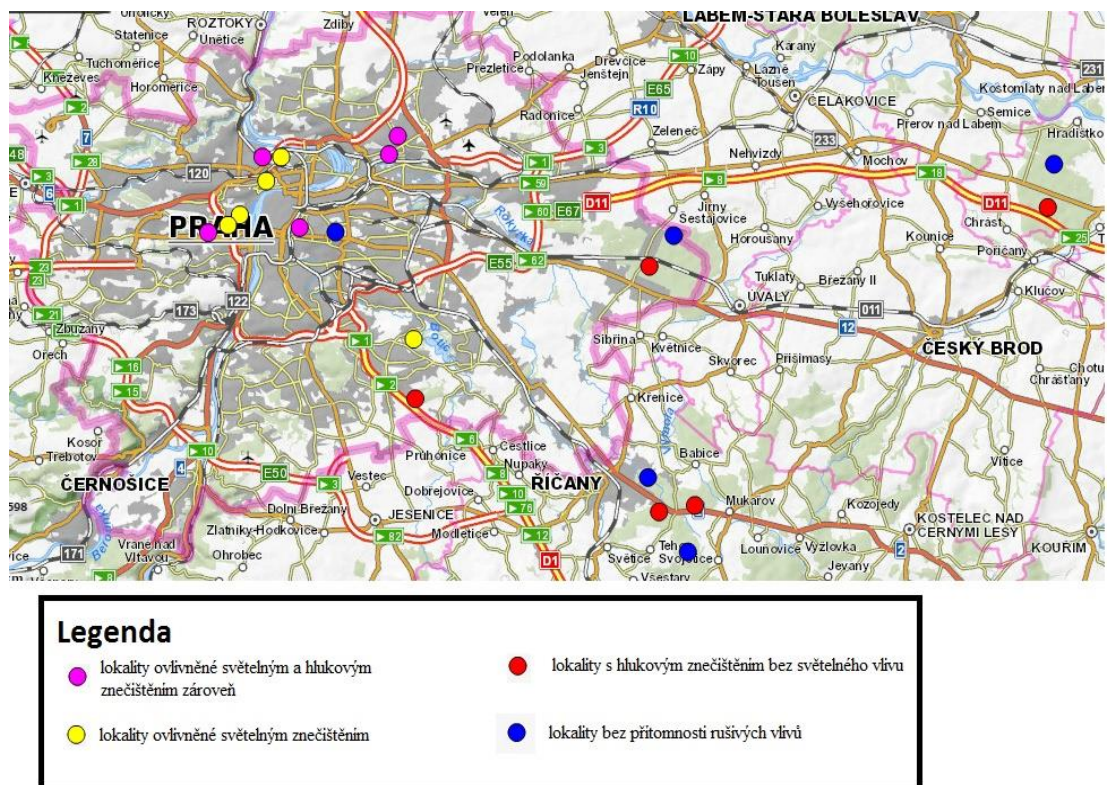
## 9. Přílohy

### 1) Diktafon Sony ICD-PX333



(zdroj: [www.sony.cz](http://www.sony.cz))

### 2) Mapa znázorňující jednotlivé studované lokality



(zdroj: [maps.google.com](http://maps.google.com))