

**UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ**

Přírodovědecká fakulta

Systematická biologie a ekologie

**Aktivita netopýrů v lesním prostředí  
v závislosti na vzdálenosti od lidských  
sídel**

Diplomová práce

Autor: Jan Kaplan

Hradec Králové 2022

Vedoucí práce: RNDr. Michal Andreas, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, ze kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne

Jméno a příjmení

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval RNDr. Michalu Andreasovi, Ph.D. za vypůjčení přístrojů a za dodání základních materiálů, které byly potřebné k sepsání této diplomové práce. Dále bych poděkoval také svým rodičům, kteří zapůjčili automobil, který byl k práci v terénu potřebný.

## Zadání diplomové práce

**Autor:** Jan Kaplan

**Studium:** S18BI007NP

**Studijní program:** N1501 Biologie

**Studijní obor:** Systematická biologie a ekologie

**Název diplomové práce:** **Aktivita netopýrů v lesním prostředí v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel**

**Název diplomové práce Aj:** Bat activity in forest habitats depending on distance from human settlements

### **Cíl, metody, literatura, předpoklady:**

Součástí diplomové práce bude kvalitní rešerše dosavadních poznatků se zaměřením na problematiku akustického monitoringu aktivity netopýrů se zvláštním zřetelem k lesním druhům a jejich biologii (preferované úkryty, lovecká strategie, typ echolokace, morfologie letového aparátu). Vlastní terénní výzkum bude proveden pomocí ultrazvukových detektorů SM3BAT a SM4BAT, kterými budou nahrávány echolokační signály netopýrů v lesních ekosystémech s přítomným vodním tokem. Dané lokality budou navrženy tak, aby byly zaznamenány echolokační signály v blízkosti lidských sídel (do vzdálenosti 300 m) a daleko od lidských sídel (od vzdálenosti 850 m). Nahrávky budou posléze za použití speciálního software (Kaleidoskop, SonoChiro) analyzovány a jednotlivé druhy identifikovány. Cílem práce je porovnat aktivitu jednotlivých druhů v bodech blízkým sídlům a bodech uvnitř lesů. Získaná data umožní rozšíření poznatků zejména o habitatových a úkrytových. Výsledky vlastního výzkumu budou diskutovány v kontextu dosavadních poznatků, hlavně z hlediska problematiky synantropizace, úkrytových preferencí, loveckých strategií, charakteru echolokace, a designu křídla jednotlivých druhů.

CELÚCH M., 2006: Lovné habitaty a aktivita lesných netopierov (Chiroptera). Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene. Lesnícka fakulta, 137 pp.

CELÚCH M. & KAŇUCH P., 2004: K významu lesa jako lovného habitatu netopierov ? aktivita v korunovej etáži. *Vespertilio* 8: 55-61

CELÚCH M. & KAŇUCH P., 2008: Bats in a Carpathian beech-oak forest (Central Europe): habitat use, foraging assemblages and aktivita patterns. *Folia Zool.* 57 (4): 358-372

DANKO Š. et al., 2007: Netopiere lesných biotopov Slovenska. *Vespertilio* 11: 25-45

KOVAŘÍKOVÁ, K., 2016: Flight activity of bats in habitats with different representation of human settlements. MSc. Thesis. Czech University of Life Sciences, Faculty of Tropical AgriSciences. 93 pp.

KUNZ T. H. & FENTON. M. B., 2003: Bat ecology, The University of Chicago Press

LACKI M. J., HAYES J. P. & KURTA A., 2007: Bats in forest: Conservation and management. The Johns Hopkins University Press

MÜLLER J. et al., 2013: From ground to above canopy ? Bat aktivita in nature forest is driven by vegetation density and height. *Forest Ecology and Management* 306: 179-184.

VOIGT C. C. & KINGSTON T., 2016: Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World. 606 pp.

**Zadávací pracoviště:** Katedra biologie,  
Přírodovědecká fakulta

**Vedoucí práce:** RNDr. Michal Andreas, Ph.D.

**Datum zadání závěrečné práce:** 7.2.2020

## **Anotace**

KAPLAN J. Aktivita netopýrů v lesním prostředí v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel. Hradec Králové, 2022. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Michal Andreas, Ph.D. 61 pp.

Tato diplomová práce vyhodnocuje data získaná z lokalit pomocí ultrazvukových detektorů v roce 2019. Nahrávky byly pořízeny ve dvou typech lesních prostředí v závislosti na vzdálenosti lidských sídel. Záznam echolokačních signálů probíhal od setmění do svítání. Pro monitoring byl zvolen měsíc červen a červenec, tedy období pozdní gravidity a laktace.

Cílem této práce bylo srovnání aktivity a společenstva netopýrů v odlišných typech prostředí a letová aktivita během noci.

Během dvou měsíců bylo dohromady nahráno 22038 echolokačních signálů na 18 lokalitách. Výzkumem bylo prokázáno 14 druhů a 4 dvojice druhů netopýrů z čeledi *Vespertilionidae* a *Rhinolophidae*.

Celkově vyšší aktivita netopýrů byla zaznamenána v blízkosti lidských obydlí. Všechny výsledky této práce byly statisticky neprůkazné.

### **Klíčová slova:**

lesní habitat, aktivita netopýrů, ultrazvukový detektor, urbanizace

## **Annotation**

KAPLAN J. Activity of bats in a forest environment according to distance a human settlements. Master's Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. Michal Andreas, Ph.D. 61 pp.

This diploma thesis evaluates data obtained from locations using ultrasonic detectors in 2019. The recordings were made in two types of forest environments depending on the distance from human settlements. Recording of echolocation signals takes place from dusk to dawn. The months of June and July, i. e. the period of late pregnancy and lactation, were chosen for monitoring.

The aim of this work was to compare the activity and community of bats in different types of environments and flight activity during the night.

A total of 22038 echolocation signals were recorded at 18 locations over two months. The research showed 14 species and 4 pairs of bat species from the families *Vespertilionidae* and *Rhinolophidae*.

Overall, higher bat activity was recorded near human settlements. All results were statistically insignificant.

### **Keywords:**

forest habitat, activity of bats, ultrasound detector, urbanization

## Obsah

1 Úvod .....	9
1.1 Obecný úvod do problematiky .....	9
2 Cíle předkládané diplomové práce .....	11
3 Problematika .....	12
3.1 Struktura lesní vegetace.....	12
3.2 Lovecké strategie .....	13
3.2.1 Lov v otevřeném prostoru.....	13
3.2.2 Lov v okrajovém prostoru .....	14
3.2.3 Lov v uzavřeném prostoru .....	15
3.3 Lovecká aktivita během noci.....	16
3.3.1 Změny v dostupnosti kořisti .....	17
3.3.2 Úroveň intenzity světla .....	17
3.3.3 Reprodukční cyklus .....	18
3.4 Synantropizace .....	18
3.5 Úkryty.....	19
3.5.1 Přírodní úkryty.....	19
3.5.2 Umělé úkryty .....	20
3.6 Monitoring netopýrů.....	21
3.6.1 Ultrazvukové detektory.....	21
3.6.2 Automatizované metody klasifikace .....	22
3.7 Biologie jednotlivých druhů vyskytujících se na našem území .....	22
3.7.1 <i>Miniopterus schreibersii</i> (Kuhl, 1817).....	22
3.7.2 <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774).....	22
3.7.3 <i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800) .....	23
3.7.4 <i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797) .....	23
3.7.5 <i>Myotis blythii</i> (Tomes, 1857).....	23
3.7.6 <i>Myotis nattereri</i> (Kuhl, 1817) .....	23
3.7.7 <i>Myotis emarginatus</i> (É. Geoffroy, 1806).....	24
3.7.8 <i>Myotis mystacinus</i> (Kuhl, 1817) .....	24
3.7.9 <i>Myotis brandtii</i> (Eversmann, 1845).....	24
3.7.10 <i>Myotis alcathoe</i> (Helvesen & Heller, 2001).....	24
3.7.11 <i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl, 1817).....	24
3.7.12 <i>Myotis dasycneme</i> (Boie, 1825) .....	25

3.7.13 <i>Myotis daubentonii</i> (Kuhl, 1817).....	25
3.7.14 <i>Eptesicus serotinus</i> (Schreber, 1774) .....	25
3.7.15 <i>Eptesicus nilssonii</i> (Keyserling & Blasius, 1839) .....	25
3.7.16 <i>Vespertilio murinus</i> (Linnaeus, 1758).....	25
3.7.17 <i>Hypsugo savii</i> (Bonaparte, 1837) .....	26
3.7.18 <i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber, 1774).....	26
3.7.19 <i>Pipistrellus pygmaeus</i> (Leach, 1825) .....	26
3.7.20 <i>Pipistrellus nathusii</i> (Keyserling & Blasius, 1839).....	26
3.7.21 <i>Pipistrellus kuhlii</i> (Kuhl, 1817) .....	26
3.7.22 <i>Nyctalus lasiopterus</i> (Schreber, 1780) .....	27
3.7.23 <i>Nyctalus noctula</i> (Schreber, 1774).....	27
3.7.24 <i>Nyctalus leisleri</i> (Kuhl, 1817) .....	27
3.7.25 <i>Barbastella barbastellus</i> (Schreber, 1774).....	27
3.7.26 <i>Plecotus auritus</i> (Linnaeus, 1758) .....	27
3.7.27 <i>Plecotus austriacus</i> (J. Fischer, 1829).....	28
4 Materiál a metodika .....	29
4.1 Studované lokality .....	29
4.2 Metoda a přístrojové vybavení .....	30
4.3 Sběr dat .....	31
4.4 Zpracování a vyhodnocení dat .....	31
5 Výsledky a diskuse.....	33
5.1 Celkové zhodnocení výsledků z terénního výzkumu.....	33
5.2 Porovnání aktivity jednotlivých druhů netopýrů v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel .....	35
5.3 Porovnání aktivity v závislosti na lovecké strategii .....	38
5.4 Porovnání aktivity v závislosti na tvaru křídel .....	39
5.5 Porovnání aktivity v závislosti na typech úkrytů .....	41
5.6 Porovnání aktivity v závislosti na typu biotopu .....	42
5.7 Lovecká aktivita jednotlivých druhů netopýrů během noci.....	43
6 ZÁVĚR .....	48
7 SEZNAM LITERATURY .....	49
8 PŘÍLOHY.....	56



# 1 Úvod

## 1.1 Obecný úvod do problematiky

Netopýři (řád *Chiroptera*) jsou po hlodavcích druhým největším řádem placentárních savců (Surlykke & Kalko 2008). Do dnešních dní bylo rozpoznáno více jak 1300 druhů, což je přibližně 25 % všech recentních druhů savců (Voigt *et al.* 2007). V současné době jsou klasifikováni na základě molekulárních důkazů do podřádu *Yinpterochiroptera* (obsahující čeledi *Craseonycteridae*, *Hipposideridae*, *Megadermatidae*, *Pteropodidae*, *Rhinolophidae*, *Rhinonycteridae* a *Rhinopomatidae*) a *Yangochiroptera* (obsahující *Cistugidae*, *Emballonuridae*, *Furipteridae*, *Miniopteridae*, *Molossidae*, *Mormoopidae*, *Mystacinidae*, *Myzopodidae*, *Natalidae*, *Noctilionidae*, *Nycteridae*, *Phyllostomidae*, *Thyropteryidae* a *Vespertilionidae*) (Salvi & Parmar 2022).

Spolu s ptáky jsou jedinými recentními obratlovci, kteří jsou schopni aktivního letu. Let a echolokace jsou z velké části zodpovědné za globální úspěch, druhovou bohatost a schopnost využívat různé biotopy (Jones & Teeling 2006). Netopýři mají kosmopolitní rozšíření a chybějí pouze v polárních oblastech a na některých izolovaných ostrovech (Jones & Teeling 2006, Salvi & Parmar 2022). Konzumují rozmanitou škálu potravy, mezi kterou patří zvířata (hmyz, obratlovci), rostlinné materiály (ovoce, nektar, pyl) a krev (Brinkløv *et al.* 2022).

Populace netopýřů jsou v mnoha regionech světa vážně ohroženy. Mezi hlavní globální hrozby patří urbanizace a obecně lidský zásah do stanovišť netopýřů. Dopady urbanizace však nemusí mít vždy negativní vliv na populace netopýřů. Dopady na společenstvo netopýřů se mohou lišit mezi jednotlivými geografickými regiony a jednotlivými druhy. Netopýři pravděpodobně tvoří nejrozmanitější skupinu savců nacházejících se v městských oblastech. Některé druhy v těchto městských prostředích prosperují, což souvisí s druhově specifickými rysy (např. Bartonička & Zukal 2003, Border *et al.* 2017).

Netopýři využívají různá stanoviště, která jim zajišťují denní úkryty, místa pro rozmnožování a hibernaci, trasy pro dolety na své lokality a lovecká teritoria. Navzdory skutečnosti, že každý druh může mít specifické požadavky na stanoviště, jsou některá stanoviště více preferována (Downs & Racey 2006, Ciechanowski 2015).

Téměř všechny druhy netopýřů obývající střední Evropu jsou do určité míry, či zcela závislé na lesních ekosystémech (Ceľuch & Kaňuch 2004b, Danko *et al.* 2007). Lesní biotopy jsou jedním z nejdůležitějších stanovišť netopýřů, která nabízejí jak úkryty, tak také vhodný biotop pro jejich loveckou aktivitu (Ceľuch & Kaňuch 2004b, Danko *et al.* 2007, Voigt *et al.* 2007).

Z nastudovaných zdrojů se obecně netopýry zabýval Dietz *et al.* 2007, Aulagnier *et al.* 2009, Anděra & Gaisler 2012, Anděra 2014, Denziger & Schnitzler 2013, Anděra & Sovák 2018.

Mezi zahraniční autory, kteří se zabývali přímo lesním komplexem (lesní strukturou a s tím spojenou aktivitou netopýřů) patří: Arlettaz *et al.* 2001, Ceľuch & Kaňuch 2004a, Ceľuch & Kaňuch 2004b, Meschede 2004, Ceľuch 2006, Danko *et al.* 2007, Lacki *et al.* 2007, Ceľuch & Kropil 2008, Adams *et al.* 2009, Brooks 2009, Ruczyński *et al.* 2010, Jung *et al.* 2012, Plank *et al.* 2012, Carvalho *et al.* 2013, Jantzen & Fenton 2013, Müller *et al.* 2013, Froidevaux *et al.* 2014, Froidevaux *et al.* 2016, Luszcz & Barclay 2016, Ruczyński *et al.* 2017, Allegrini *et al.* 2022. Z českých autorů to byl Bartonička & Řehák 2004, Lučan *et al.* 2009, Cepáková & Hort 2013.

Mezi autory, kteří se zabývali vztahy echolokace, morfologie a lovecké taktiky patří: Norberg & Rayner 1987, Fenton *et al.* 1995, Jones 1999, Schnitzler & Kalko 2001, Fenton & Bogdanowicz 2002, Jones & Teeling 2006, Brinkløv *et al.* 2022.

K otázce lovecké aktivity během noci se věnoval Jones & Rydell 1994, Rydell *et al.* 1996, Duvergé *et al.* 2000, Bartonička & Řehák 2004, Russo *et al.* 2007, Ceľuch & Kropil 2008, Brooks 2009, Voigt & Lewanzik 2011, Feng *et al.* 2022.

S výzkumem netopýrů souvisí problematika monitoringu netopýrů. Problematice detektoringu (monitoringu či automatizované identifikaci) se věnoval Miller 2001, Ahlén 2004, Battersby 2010, Rodhouse *et al.* 2011, Russo & Voigt 2016, Rydell *et al.* 2017.

V dnešní době je aktuální otázkou urbanizace a její dopad na celosvětovou biodiverzitu. Otázkou urbanizace se zabýval ve své práci Gaisler *et al.* 1998, Bihari 2004, Avila-Flores & Fenton 2005, Ceľuch *et al.* 2006, Voigt *et al.* 2007, Sattler 2009, Abbott *et al.* 2012, Bader *et al.* 2015, Ciechanowski 2015, Lehotská 2015, Lintott *et al.* 2015, Lintott *et al.* 2016, Border *et al.* 2017. Z českých autorů se této otázce věnoval Bartonička & Zupal 2003, Hanák *et al.* 2009, Kovaříková 2016.

## 2 Cíle předkládané diplomové práce

Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny tyto cíle:

- 1) Pořízení echolokačních záznamů pomocí ultrazvukových detektorů.
- 2) Analýza echolokačních signálů pomocí speciálního softwaru a identifikace jednotlivých druhů netopýrů.
- 3) Určení lovecké aktivity druhů netopýrů v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel.
- 4) Určení lovecké aktivity jednotlivých druhů netopýrů během celé noci.
- 5) Diskuse získaných výsledků s dříve publikovanými studiemi.

## 3 Problematika

### 3.1 Struktura lesní vegetace

Množství a prostorové uspořádání lesní vegetace souvisí s využíváním biotopu společenstvem netopýrů. Aktivita a druhové složení netopýrů je ovlivněno faktory, mezi které patří například druhové složení jednotlivých stromů, jeho stáří, struktura porostu, aktivita hmyzu, riziko predace, vítr nebo déšť (Ceľuch & Kaňuch 2004a, Ceľuch 2006, Luszc & Barclay 2016). V důsledku různé úrovně vegetačního pokryvu, využívají druhy různá stanoviště v lese. Některé druhy tak loví v husté vegetaci, podél okrajů lesa či nad korunami stromů (Allegrini *et al.* 2022). Vyšší aktivita netopýrů je často spojena s dospělými lesy. Důvodem je pravděpodobně větší počet vhodných úkrytů, které jsou spojeny s vyšší strukturální heterogenitou daného stanoviště (Luszc & Barclay 2016). Obecným trendem však zůstává, že zvýšení hustoty okolní vegetace snižuje aktivitu netopýrů (Froidevaux *et al.* 2016).

Struktura lesní vegetace silně ovlivňuje aktivitu jednotlivých druhů netopýrů a tento vztah závisí na ekomorfologických vlastnostech konkrétního druhu. Mezi hlavní vlastnosti patří zejména manévrovatelnost letu, lovecká strategie a design echolokačního signálu (Froidevaux *et al.* 2016, Núñez *et al.* 2019).

Lesní komplex lze dle vertikální stratifikace rozdělit do několika výškových vrstev. Nejvyšší vrstva představuje stromové patro, které tvoří koruny dospělých stromů. Pod korunami se nachází vrstva mladých stromů, patro keřové a bylinné (Allegrini *et al.* 2022). Dle dostupných informací mnoho druhů netopýrů vykazuje preferenci ke konkrétní výškové vrstvě. (Adams *et al.* 2009), které je spojeno s aspekty jako je strava, způsob lovu nebo konstrukce vegetace (Carvalho *et al.* 2013). Například druh *B. barbastellus*, *E. serotinus*, *P. pygmaeus* (Plank *et al.* 2012), *M. daubentonii*, *M. myotis* a dvojice druhů *M. brandtii/mystacinus* obecně upřednostňují zónu přízemí nad zónou korun stromů. Zde tak dávají přednost otevřenějším lesním lokalitám a vyhýbají se hustému porostu na úrovni korun stromů (Müller *et al.* 2013). Naopak druh *M. bechsteinii*, *E. nilssonii*, *N. noctula*, *V. murinus* a popřípadě *P. nathusii* upřednostňují let ve vyšší vertikální zóně (Plank *et al.* 2012, Müller *et al.* 2013). Nejzřetelněji lze vertikální stratifikaci pozorovat v interiéru lesního komplexu, kde sběrači z povrchů (tzv. gleaners) jsou převážně vázáni na nižší vertikální vrstvu (Jung *et al.* 2012). Naopak lovci volného prostoru (např. *Nyctalus* spp.) preferují zónu nad korunami stromů (Müller *et al.* 2013). Některé druhy však mohou měnit své lovecké preference i v průběhu roku, kdy v období gravidity mohou být jejich preference blíže u země, naopak v období laktacím a postlaktacím mohou preferovat vyšší vrstvy. V tomto případě může být důležitým parametrem i mezidruhá konkurence, jako je např. u sympatrických druhů *P. pipistrellus* a *P. pygmaeus* (Plank *et al.* 2012) a dostupnost kořisti v dané mikroklimatické zóně (Adams *et al.* 2009). V lesním komplexu se však nacházejí i druhy, které nevykazují konkrétní příslušnost k výškové zóně a mohou se nacházet jak v zóně přízemí, tak také v úrovni korun stromů. Tento závěr však může být způsoben nedostatečnou druhovou diskriminací (např. u rodu *Myotis*) (Plank *et al.* 2012). Druhým důvodem by mohly být také pouze pozemní studie, které nemohou posoudit přesné vertikální rozložení netopýrů v lese. Za těchto podmínek zde může hrát svoji roli působení deštníkového efektu listů a atmosférický útlum emitovaného signálu (Müller *et al.* 2013).

Horizontální dělení je další možné rozdělení lesního komplexu. Obecně lze lesní prostředí horizontálně rozdělit na jednotlivé části, které zahrnují interiér lesa, lesní okraje, otevřené plošky (např. vytěžená místa), lesní cesty a vodní toky (Ceľuch & Kaňuch 2004b, Adams *et al.* 2009).

## 3.2 Lovecké strategie

Lovecká aktivita závisí na loveckých strategiích jednotlivých druhů netopýrů. Ta je založena převážně na typu echolokačního signálu a morfologii křídel. Ne všechny druhy však využívají jen jedné lovecké strategie, ale mohou v jejich lovecké aktivitě kombinovat více strategií lovu. (Fenton & Bogdanowicz 2002). Obecně netopýři využívají pět základních loveckých strategií lovu, mezi které patří rychlý vzdušný lov (fast hawking; např. *N. noctula*, *N. lasiopterus*), pomalý vzdušný lov (slow hawking; např. *E. serotinus*, *P. pipistrellus*), sběr z povrchů (gleaning; např. *M. myotis*, *M. nattereri*, *M. bechsteini*), lov z vodní hladiny (trawling; např. *M. daubentonii*, *M. dasycneme*) a lov z vyvýšeného odpočívadla (perch hunting, fly-catching; např. *Rhinolophus* spp.) (viz obr. 1) (Ceľuch & Kaňuch 2004a).

### 3.2.1 Lov v otevřeném prostoru

Tento prostor využívají druhy, které loví hmyz ve volných vzdušných vrstvách. Mohou tak v lesích využívat lovu nad korunami stromů (Schnitzler & Kalko 2001, O'Keefe *et al.* 2014), nad pasekami a lesními okraji, ale také pod korunami vysokokmenných řídkých lesů bez keřového patra (Meschede 2004). U těchto lovců je jejich poměrně malá kořist rozložena na velké ploše, a proto mají svůj echolokační systém optimalizován pro detekci slabých ozvěn od kořisti na velkou vzdálenost (Schnitzler *et al.* 2003, Denzinger & Schnitzler 2013). Druhy otevřených stanovišť mají obvykle křídla s vysokým poměrem stran a vysoké zatížení křídel, což má za následek rychlý a energeticky efektivní let (Jantzen & Fenton 2013).

#### 3.2.1.1 Rychlí vzdušní lovci (fast aerial hawking)

Jedinou skupinou netopýrů, kteří využívají lovu ve volném prostoru, jsou rychlí vzdušní lovci. V otevřeném prostoru netopýři nereagují na pozadí v jejich echolokačním chování (Denzinger & Schnitzler 2013), jelikož ozvěna od pozadí se ozývá výrazně později, než ozvěna od kořisti a nenarušuje tak její detekci (Schnitzler & Kalko 2001, Denzinger & Schnitzler 2013).

Vydávají úzkopásmové, mělce modulované signály s poměrně dlouhým trváním a dlouhými intervaly mezi jednotlivými signály, jejichž hodnota je obecně pod 30 kHz. (Schnitzler & Kalko 2001, Schnitzler *et al.* 2003, Denzinger & Schnitzler 2013). Tyto signály jsou pravděpodobně také vhodné pro poskytování informací, které může jedinec použít pro navigaci a rozpoznání jednotlivých biotopů. Intenzita signálu se pohybuje v rozmezí 104-111 dB SPL.

Názorným příkladem této skupiny lovců je druh *Nyctalus noctula*, jehož detekční vzdálenost se odhaduje v rozmezí 3,5-10 m a své ozvěny od vodní hladiny je schopen vnímat až na vzdálenost 54 m. (Denzinger & Schnitzler 2013).

### 3.2.2 Lov v okrajovém prostoru

Tento prostor preferují netopýři, kteří loví létající hmyz poblíž vegetace nebo nad vodní hladinou (Schnitzler *et al.* 2003). Za těchto podmínek již jedinci v echolokačním chování reagují na vegetaci v pozadí (Denzinger & Schnitzler 2013), kdy za ozvěnou hmyzu následují ozvěny od pozadí (Schnitzler & Kalko 2001, Denzinger & Schnitzler 2013). V této situaci musí najít hmyz, který létá poblíž vegetace (vodní hladiny) a současně se musí pohybovat podél překážek a vyhnout se kolizím (Schnitzler & Kalko 2001).

Netopýři lovcí v blízkosti vegetace disponují křídly, která mají obvykle relativně vysoký poměr stran s nízkým zatížením, což jim umožňuje energeticky efektivní a manévrovatelný let (Jantzen & Fenton 2013).

#### 3.2.2.1 Pomalí vzdušní lovci (slow aerial hawking)

Netopýři, kteří loví létající hmyz v blízkosti vegetace, řeší problematiku možného překrývání ozvěn od kořisti a pozadí vydáváním smíšených signálů. Tyto signály obvykle obsahují strmě modulované širokopásmové (FM) a mělce modulované úzkopásmové (QCF) komponenty (Schnitzler & Kalko 2001, Jantzen & Fenton 2013). Emitované signály mají střední dobu trvání (cca 3-10 ms), signály jsou druhově specifické o střední frekvenci (cca 30-60 kHz) a mají již kratší intervaly mezi jednotlivými pulsy (cca 70-150 ms) (Schnitzler & Kalko 2001, Denzinger & Schnitzler 2013).

Úzkopásmové komponenty smíšených signálů usnadňují detekci kořisti na vzdálenost cca. 1,5-7 m (Denzinger & Schnitzler 2013) a širokopásmové komponenty jsou vhodné pro lokalizaci a charakterizaci cílů v pozadí, nezbytných pro rozpoznávání orientačních bodů a vyhnout se kolizím (Schnitzler & Kalko 2001, Schnitzler *et al.* 2003). Tito netopýři již disponují nižší intenzitou signálu (101-107 dB SPL). Netopýři této skupiny často mění strukturu svých signálů v závislosti na vzdálenosti k pozadí. S klesající vzdáleností se šířka pásma zvětšuje, doba trvání signálu zkracuje a často jsou emitovány dva signály na jeden úder křídla, aby se zvýšila rychlost aktualizace informací o prostředí. (Denzinger & Schnitzler 2013).

Typickým zástupcem této skupiny je například druh *Pipistrellus pygmaeus* a *Pipistrellus nathusii* (Jung *et al.* 2012).

#### 3.2.2.2 Lov z vodní hladiny (trawling)

Tito netopýři létají v malé výšce nad vodní hladinou (Fenton & Bogdanowicz 2002), kde loví hmyz unášející vodou nebo loví ryby (Denzinger & Schnitzler 2013). Samotný svůj lov uskutečňují pomocí nohou a ocasní membrány (Dietz *et al.* 2007).

Objekty na klidné vodní hladině jsou zvláště dobře detekovatelné, protože vodní hladina odráží samotnou ozvěnu pryč od netopýra. K lovcímu jedinci se pak odrazí pouze echo od těla plavajícího hmyzu na vodní hladině. V tomto případě je kořist velmi nápadná a akustickou problematiku lze přirovnat lovu na otevřených stanovištích (Dietz *et al.* 2007). Jiná situace nastává při lovu v blízkosti břehu, kde se jedinci setkávají s podobnými echolokačními scénami, jako lovci okrajových stanovišť. Zde je na klidné vodní hladině ozvěna kořisti izolována, následována ozvěnami od pobřeží. Netopýři však mají potíže s detekcí kořisti, pokud je voda

turbulentní nebo jsou na hladině přítomny jiné plovoucí objekty (např. rostliny) (Denzinger & Schnitzler 2013).

Mezi typické lovce této skupiny patří například *Myotis daubentonii* nebo *Myotis dasycneme* (Dietz *et al.* 2007).

### 3.2.3 Lov v uzavřeném prostoru

Netopýři, kteří loví hmyz v prostředí husté vegetace, mají obecně nízkou intenzitu signálu a širokopásmové echolokační signály s krátkým trváním (Arlettaz *et al.* 2001, Schnitzler *et al.* 2003, Jantzen & Fenton 2013). Tyto signály se používají hlavně pro prostorovou orientaci (Schnitzler *et al.* 2003). Mohou se mezi nimi však nacházet druhy, které používají dlouhé CF signály, které využívají k detekci pohybujících se křídel kořisti (Jones 1999). Netopýři, kteří typicky loví v přeplněném prostoru, mají křídla s nízkým poměrem stran a nízké zatížení křídla, která umožňují energeticky náročný, vysoce manévrovatelný let. (Jung *et al.* 2012, Jantzen & Fenton 2013, O'Keefe *et al.* 2014).

V tomto prostředí lze rozlišit dvě hlavní taktiky lovu potravy. První skupinou jsou netopýři, kteří loví vzdušnou kořist a druhá skupina sbírá kořist ze substrátu (Arlettaz *et al.* 2001). Tito netopýři čelí problému, že ozvěny kořisti jsou skryty v ozvěnách z pozadí. Proto vyvinuli specifické úpravy, aby tento problém překonali (Schnitzler & Kalko 2001, Schnitzler *et al.* 2003, Denzinger & Schnitzler 2013).

#### 3.2.3.1 Detekce pohybujících se křídel kořisti (flutter-detection)

První skupinou jsou netopýři, kteří detekují pohybující se křídla kořisti pomocí dlouhých CF-FM signálů (Schnitzler *et al.* 2003, Denzinger & Schnitzler 2013). Tímto způsobem netopýři loví kořist létající poblíž vegetace nebo přímo sedící na povrchu. Příkladem jsou zástupci z čeledi *Rhinolophidae*, jejichž signály mají dobu trvání kolem 50-80 ms a většinou emitují jeden signál na jeden úder křídla (Denzinger & Schnitzler 2013).

#### 3.2.3.2 Sběrači z povrchů (active gleaning)

Druhou skupinou jsou netopýři, kteří používají k lovu pouze echolokaci. Za těchto podmínek je jejich kořist skrytá v ozvěnách z pozadí. Do této doby byl identifikován pouhý jeden druh *Micronycteris microtis* (*Phyllostomidae*), loví stacionární kořist jako jsou vážky. Při lovu netopýr vydává multiharmonické, ultrakrátké (0,2 ms), širokopásmové a vysokofrekvenční signály (Denzinger & Schnitzler 2013).

#### 3.2.3.3 Sběrači z povrchů (passive gleaning)

Třetí skupinou jsou netopýři, kteří se setkávají s echolokačními scénami, kde echo neposkytuje dostatek informací k rozlišení ozvěny kořisti a pozadí. Za těchto okolností se proto spoléhají na zvuky generované kořistí nebo se za příznivých podmínek mohou také spoléhat na svůj zrak. Samotná echolokace se používá pouze pro přístup k místu s kořistí. Po přistání netopýři k nalezení kořisti využívají hlavně hmatové a čichové smysly (Denzinger & Schnitzler 2013).

Tato skupina netopýrů emituje krátké (cca 1-3 ms), širokopásmové signály o nízké intenzitě (Fenton *et al.* 1995, Schnitzler & Kalko 2001). Často jsou na jeden úder křídla emitovány dva až tři signály. Tyto typy signálů jsou vhodné pro prostorovou orientaci, včetně vyhýbání se překážkám a rozpoznávání biotopů. (Denzinger & Schnitzler 2013).

Příkladem této skupiny je druh *Myotis bechsteinii* (Anděra 2014) a *Plecotus auritus*, kteří kromě echolokace využívají také svého sluchu (Aulagnier *et al.* 2009). Dalším příkladem je druh *Myotis myotis*, který využívá jak sluchu, tak také svého čichu (Anděra 2014).



Obr. 1. Typický lovecký prostor (vyšrašován) vybraných loveckých strategií. (pozn.: A – gleaning; B – slow hawking; C – trawling; D – fast hawking)

Zdroj: Celuch & Kaňuch 2004a

### 3.3 Lovecká aktivita během noci

Noční aktivita netopýrů, stejně jako u jiných živočichů souvisí s několika faktory. Mezi hlavní faktory, které mohou upravovat loveckou aktivitu během noci, patří změny v dostupnosti kořisti (např. Bartonička & Řehák 2004, Celuch & Kropil 2008, Brooks 2009), úroveň intenzity světla (např. Duvergé *et al.* 2000, Bartonička & Řehák 2004, Russo *et al.* 2007), risk predace (např. Jones & Rydell 1994, Rydell *et al.* 1996, Duvergé *et al.* 2000, Voigt & Lewanzik 2011), fáze reprodukčního cyklu (např. Duvergé *et al.* 2000, Bartonička & Řehák 2004, Russo *et al.* 2007, Brooks 2009), potravní specializace (Russo *et al.* 2007), meteorologické podmínky (např. Bartonička & Řehák 2004, Russo *et al.* 2007, Brooks 2009), nebo věk a tělesná kondice (Duvergé *et al.* 2000).

Některé druhy začnou typicky lovit krátce po západu slunce a krátce před svítáním, kdy zbytek večera stráví v úkrytech. Jiní se mohou objevovat déle po západu slunce a lovit více či méně nepřetržitě během celé noci (Rydell *et al.* 1996).

Přestože prakticky všichni netopýři vykazují noční aktivitu, existují značné rozdíly v době, kdy se různé druhy objevují ve svém loveckém prostředí, tedy, že se liší jejich tolerance k úrovni světelných podmínek, kterým jsou vystaveni (Jones & Rydell 1994, Rydell *et al.* 1996,



Russo *et al.* 2007). Započetí aktivity netopýrů se považuje za kompromis mezi potřebou začít lovit při vysoké úrovni světla (tj. když je k dispozici většina kořisti) a zvýšenému riziku predace, kterému budou za takových okolností čelit (Jones & Rydell 1994, Duvergé *et al.* 2000, Russo *et al.* 2007). Jelikož se sovy při lovu spoléhají na svůj sluch, vliv světla na úspěch predace a následně i jejich role při ovlivňování započetí aktivity netopýrů je pravděpodobně zanedbatelné (Russo *et al.* 2007). To již ale neplatí u dravců spoléhajících se na zrak, kteří létají za denního světla nebo za soumraku (např. *Accipiter* spp. a *Falco* spp.) (Jones & Rydell 1994, Rydell *et al.* 1996).

### 3.3.1 Změny v dostupnosti kořisti

Změny v aktivitě netopýrů jsou ovlivněny zejména změnami v dostupnosti kořisti. Hustota kořisti se během noci mění a tyto změny se liší i na různých stanovištích. Hmyz bývá nejhojnější během západu slunce, často ještě před započtím aktivity netopýrů a klesá směrem k půlnoci (Bartonička & Řehák 2004). Mnoho druhů tak vykazuje bimodální vzorec aktivity, který se obecně shoduje s maximální dostupností létajícího hmyzu za soumraku a úsvitu. Jiné druhy mohou však lovit po delší časový úsek, kdy k tomu přizpůsobují také svoji loveckou taktiku. Takovým příkladem je druh *Myotis daubentonii*, který je schopen kombinovat vzdušný lov se sběrem nelétavé kořisti z vodní hladiny (Todd & Waters 2007).

U druhů, které nejsou závislé na vrcholu aktivity hmyzu při soumraku, nemá netopýr žádný užitek z předčasného odletu, ale představuje to jen další riziko, že tak učiní. Mezi takové druhy patří například jedinci, kteří chytají svou kořist z povrchů (tzv. gleaners), kteří jsou schopni využít nelétavou nebo neaktivní kořist. Dále se jedná o jedince, kteří se specializují na lov mūr, z nichž alespoň některé jsou aktivní více či méně po celou noc. Předpokládá se tedy, že sběrači z povrchů a ti, kteří se živí mūrami, se objeví později než ty druhy, které se živí malým létajícím hmyzem (Jones & Rydell 1994).

### 3.3.2 Úroveň intenzity světla

Netopýři jsou prakticky výlučně noční živočichové, kde tento způsob života je určen zvýšenou predací dravců létajících ve dne. Výsledkem započetí aktivity netopýrů až po západu slunce je promeškání lovu potravy v době její nejvyšší hojnosti. Naproti tomu časné opuštění denního úkrytu zvyšuje pravděpodobnost setkání se s dravci, kteří v té době mohou být stále aktivní. Netopýři by tedy měli vykazovat optimální čas započetí jejich aktivity, což je kompromis mezi těmito protichůdnými požadavky (Duvergé *et al.* 2000).

Předpokládá se, že započtetí aktivity bude také souviset s rychlostí letu, která závisí na morfologii křídel a tělesné hmotnosti. Lze tedy očekávat, že rychle létající druhy se objevují dříve a jsou tedy vystaveni vyšší intenzitě světla (Jones & Rydell 1994, Rydell *et al.* 1996). Příkladem je *N. noctula* lovicí ve vysoké výšce, který se objevuje brzy po západu slunce (Jones & Rydell 1994). Naopak druhy charakteristické pomalým letem mají sklon se objevovat později, aby se kompenzovalo potenciálně vyšší riziko predace, kterému čelí (např. *M. bechsteinii*, *V. murinus* a *R. ferrumequinum*), kteří mohou započít svoji loveckou aktivitu až půl hodiny po západu slunce (Russo *et al.* 2007).

Místní úroveň intenzity světla však může být určována například i oblačností nebo vegetační pokrývkou korun stromů, které mohou způsobit změnu v započítání jejich aktivity (Russo *et al.* 2007).

### 3.3.3 Reprodukční cyklus

Noční aktivita samic v období rozmnožování je spojena především s nutností shánění potravy a péče o mladá. Energeticky nejnáročnější období pro samice je březost a laktace. Samice potřebují zkombinovat čas strávený mimo úkryt, který je nutný k získání dostatku potravy s nutností se pravidelně vracet, aby nakrmila a zahřála svá mláďata (Ruczyński *et al.* 2017). Za těchto stresových podmínek může prodloužit dobu lovu potravy. Obecně platí, že časnější zahájení lovecké aktivity může být prospěšné, ale může je také vystavit vyššímu riziku predace (Feng *et al.* 2022). U některých druhů bylo zjištěno, že během reprodukční sezóny se jednotlivci objevili na stanovišti dříve kvůli pokrytí energetických požadavků v období laktace. Na druhé straně u nich dochází k poklesu letových schopností, díky mimořádně vysokému zatížení křídel, což je činí zranitelnějšími vůči dravým ptákům. V důsledku toho se samice s postupující graviditou mohou objevovat čím dál později (Russo *et al.* 2007).

## 3.4 Synantropizace

Redukce, fragmentace a transformace přírodních stanovišť představují jednu z největších hrozeb pro globální biologickou rozmanitost. Extrémní příklady všech těchto procesů se vyskytují v městském prostředí. Účinky urbanizace na celé biologické rozmanitosti závisí na povaze urbanizace a charakteristice okolní krajiny (Avila-Flores & Fenton 2005).

Přetrvávání volně žijících živočichů v městském prostředí je spojeno s vysokým stupněm ekologické a behaviorální plasticity. Obecně to má za následek změnu druhové struktury, často pouze s několika vysoce hojnými druhy. Létající druhy obratlovců jsou však méně ovlivněny urbanizací, jelikož se mohou snadněji pohybovat mezi jednotlivými typy stanovišť (Avila-Flores & Fenton 2005).

Netopýři reagují na řadu stresorů, které souvisejí se změnami prostředí. Synantropizace je ovlivněna dvěma faktory. Na jedné straně jsou netopýři nuceni se přemístit do měst kvůli ztrátě tradičních hnízd a na druhé straně jim městská stanoviště nabízejí lovecké a hnízdní příležitosti (Bihari 2004). Nicméně přizpůsobení se zastavěnému prostředí je vysoce druhově specifické. Například druhy, které disponují rychlým letem, jsou často schopni využívat takovýchto biotopů, jelikož jejich pohyb je relativně nezávislý na krajinné struktuře. Naproti tomu mohou pomalu létající druhy silněji reagovat na takto urbanizovaná prostředí (Lintott *et al.* 2015).

Nicméně tato vazba na lidská sídla není určena skutečnou adaptací, ale pouhou behaviorální plasticitou (Bihari 2004), kde mohou netopýři profitovat z benefitů, které jim lidská sídla nabízejí. Příkladem mohou být energetické přínosy během kritických fází života, jako je reprodukce nebo hibernace. Dále to mohou být výhody, kdy díky své vazbě na lidská sídla mohli i netopýři rozšířit svůj areál výskytu směrem na sever (Voigt *et al.* 2007, Lehotská 2015).

## 3.5 Úkryty

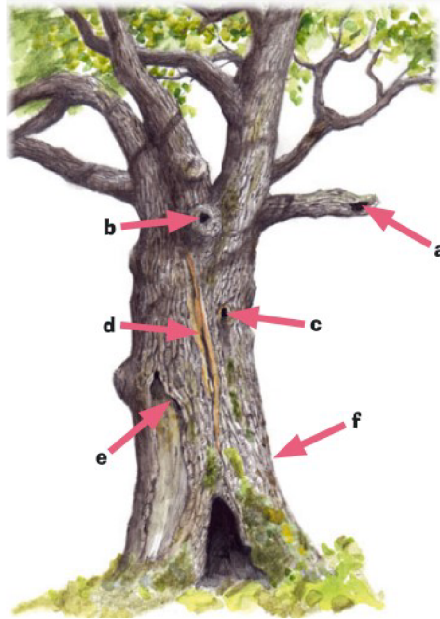
Úkryty hrají významnou roli v životě netopýrů, jelikož v něm tráví více než polovinu svého života (Lučan *et al.* 2009). Dostupnost vhodných úkrytů ovlivňuje nejen hojnost a rozmanitost netopýřích komunit, ale také jejich prostorové rozložení. Přírodní i umělé úkryty poskytují netopýrům místa pro hibernaci, páření, odchov mláďat, mohou usnadňovat sociální interakce, nabízejí ochranu před nepříznivým počasím a také minimalizují riziko predace (Ruczyński *et al.* 2010).

Vzhledem k tomu, že většina druhů netopýrů není schopna vytvořit si vlastní úkryt, tak jejich existence závisí do velké míry na již existujících úkrytech přírodního nebo umělého původu. Netopýři tráví čas odpočinku na tmavých místech obvykle v přírodních úkrytech, jako jsou jeskyně, různé skalní štěrbiny a dutiny ve kmenech stromů (Voigt *et al.* 2007). V dnešní době je však většina evropských druhů netopýrů synantropická a často jako úkryty využívají struktur lidí (Lesinski *et al.* 2000).

### 3.5.1 Přírodní úkryty

Prvním možným úkrytem jsou podzemní prostory, které v tomto případě představují jeskyně (Voigt *et al.* 2007). Ty netopýři na našem území vyhledávají převážně v době hibernace (Cepáková & Hort 2013, Anděra 2014). Volba vhodného podzemního úkrytu musí splňovat několik podmínek. Mezi nejdůležitější patří stálá teplota prostředí, slabé proudění vzduchu a stabilní relativní vlhkost (Anděra 2014).

Dalším možným přírodním úkrytem jsou různé pukliny a štěrbiny ve skalách (Anděra 2014). Asi nejznámější přírodní úkryty představují úkryty ve stromech (Lučan *et al.* 2009). Netopýři si přednostně vybírají dutiny ve starých, umírajících nebo mrtvých stromech. Z tohoto důvodu dávají přednost starým lesům, které jim nabízejí větší množství vhodnějších míst pro nalezení úkrytu (Ruczyński *et al.* 2010). Strom může nabídnout různé úkryty, jako jsou dutiny vytesané datlovitými ptáky, trhliny a dutiny vzniklé povětrnostními vlivy nebo štěrbiny pod uvolněnou kůrou (viz obr. 2) (Meschede 2004, Cepáková & Hort 2013).



Obr. 2. Možné stromové úkryty (a – dutá větev, b – dutina v kmeni, otvor po vypadlé větvi, c – opuštěná dutina strakapouda, d – prasklina v kmeni vzniklá úderem blesku, e – uvolněná kůra, f – velká dutina ve spodní části kmene).

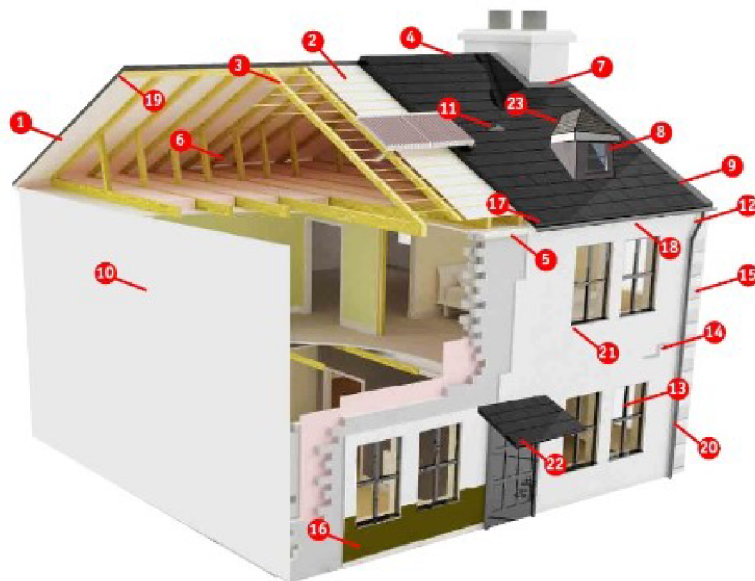
(Zdroj: Cepáková & Hort 2013).

### 3.5.2 Umělé úkryty

Umělé úkryty představují budovy a další objekty vybudované člověkem (Cepáková & Hort 2013). Mnoho druhů netopýrů se dá definovat jako synantropických. Tito netopýři využívají lidských staveb jako dočasných útočišť během loveckých aktivit a jako útočišť během zimního spánku. Tento životní styl má přímé výhody v oblasti fitness, díky energetickým výhodám v teplejších úkrytech. To pak může vést k rychlejšímu vývoji potomků v období gravidity i po jejich narození (Voigt *et al.* 2007).

Objekty vybudované člověkem představují důležitou náhradu přírodních úkrytů (Voigt *et al.* 2007), které do jisté míry odráží jejich úbytek napříč celým světem (Cepáková & Hort 2013). Příkladem umělých úkrytů jsou různé podzemní prostory, jako jsou štoly, bunkry, sklepení hradů a zámků. Dále mohou využívat hromady kamení, sutě, dřevěné mostky, ale i ptačí či přímo speciální budky pro netopýry (Anděra 2014).

Budovy ať již stojící na samotě či nacházející se v obcích nabízí pro netopýry množství rozmanitých úkrytů. Netopýři zde nacházejí úkryty například ve štěrbinách pod střešní krytinou, ve hřebenech střech, ve skulinách za obložením zdí a na půdách velkých budov (viz obr. 3) (Cepáková & Hort 2013).



Obr. 3. Možné úkryty netopýrů v budovách

Zdroj: <https://www.batconservationireland.org/irish-bats/bat-roosts/bats-buildings>.

### 3.6 Monitoring netopýrů

Monitoring netopýrů se může obecně provádět dvěma hlavními metodami. První jsou metody invazivní. Jedná se například o odchyt do sítí, kontroly mateřských nebo hibernačních míst. Druhé jsou metody neinvazivní. Zde se jedná převážně o metodu detektování pomocí ultrazvukových detektorů (Battersby 2010).

#### 3.6.1 Ultrazvukové detektory

Od konce sedmdesátých let dvacátého století byly v Evropě ultrazvukové detektory používány k identifikaci a terénním studiím netopýrů, přičemž se neustále vyvíjejí nové techniky. Technologická vylepšení a zkušenosti s různými systémy vedly k rozšiřování znalostí jednotlivých druhů netopýrů, včetně toho, jak je lze v přírodě identifikovat a pozorovat (Ahlén 2004). Jsou tedy vysoce cennými a nenahraditelnými nástroji ve studiu netopýrů a nabízí tak neinvazivní přístup, který efektivněji doplňuje invazivní metody (Russo & Voight 2016). I přes problematiku spojenou s identifikací druhů a neschopnosti zjištění velikosti populace, zůstávají akustické průzkumy důležitým nástrojem řešení mnoha otázek (Rodhouse *et al.* 2011).

Akustické monitorování je lepší než jiné metody (např. odchyt), které není snadné provádět ve strukturálně složitějších stanovištích, jako jsou lesy (Froidevaux *et al.* 2014). Avšak i u této metody, jako u všech ostatních existujících, existují technická omezení počtu odhalených druhů, jelikož mohou být přehlíženy díky vysoce směrovanému výkřiku, hlasitosti emitovaného echa nebo vysokofrekvenčním signálům, jejichž pulzy silněji podléhají atmosférickému útlumu (Russo & Voight 2016). Navíc existuje slabá negativní korelace mezi pokryvem lesního porostu a podílem identifikovatelných záznamů. Špatná kvalita záznamů může zapříčinit obtížné nebo nesprávné identifikování druhu (O'Keefe *et al.* 2014). Výhodou této metody je, že může být

automatizována, což umožňuje monitorování aktivity po dlouhou dobu a na více místech současně, aniž by bylo třeba pozorovatele (Miller 2001).

### 3.6.2 Automatizované metody klasifikace

Během let přešli vědci od manuální identifikace druhů pomocí poslechu v heterodyne nebo time-expansion systému k analýze zobrazených echo sekvencí pomocí různých software programů, které šetří čas výzkumníka a usnadňuje analýzu velkých datových sad. Mezi takové programy patří například SonoChiro, BatClassify a Kaleidoscope (Rydell *et al.* 2017).

Vědci se zabývali vývojem automatizovaných metod klasifikace od konce devadesátých let. V takových případech je klasifikátor nezávislý na provozovateli při vyhodnocování struktur echolokačního signálu a jeho přiřazení ke konkrétnímu druhu (Russo & Voight 2016). Rydell *et al.* (2017) se zabývali problematikou klasifikace netopýrů pomocí automatizovaných software programů. Ve své práci porovnávali obecnou chybovost jednotlivých programů a míru chybovosti zařazení jednotlivých signálů k jednotlivým druhům. Z jejich závěrů vyplývá, že správná identifikace mezi jednotlivými programy byla velmi variabilní. To samé také platí pro správnou identifikaci samotných druhů, kdy některé druhy jsou lépe identifikovatelné, a u některých správná klasifikace do druhu vykazuje vyšší chybovost. Takovým příkladem je rod *Myotis*, kde mnoho druhů využívá podobné echolokační signály, které mohou být obtížně identifikovatelné (Lacki *et al.* 2007, Rydell *et al.* 2017). Pro zmírnění chybovosti při identifikaci je obecně doporučeno využití kvalitních záznamů a zpětná manuální kontrola již identifikovaných nahrávek (Russo & Voight 2016).

Tyto výsledky pak mohou vzbuzovat obavy z rizika, že pomocí automatizované identifikace dojde ke značným chybám při zařazení echolokačního signálu ke konkrétnímu druhu. Z těchto důvodů je někdy vhodnější klasifikovat netopýry spíše do skupiny než přímo do druhů, kdy je míra chybovosti relativně nízká (Rydell *et al.* 2017).

## 3.7 Biologie jednotlivých druhů vyskytujících se na našem území

### 3.7.1 *Miniopterus schreibersii* (Kuhl, 1817)

Druh teplých vápencových oblastí se středomořským klimatem. Celý rok obývá jeskyně a příležitostně také budovy. Létá rychle a velmi vysoko v otevřeném prostoru, ale kořist může také lovit přímo z vegetace (Aulagnier *et al.* 2009).

Na našem území byl prozatím nalezen jeden exemplář ve stěně Hranické propasti v roce 2011 (Anděra & Sovák 2018).

### 3.7.2 *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774)

Je to druh vázaný hlavně na listnaté lesy a mlaziny. Mateřská kolonie se na severu nalézá na půdách rozsáhlých starých budov a na jihu v podzemních prostorech. Hibernuje v jeskyních a v dalších chladných podzemních prostorách. Loví převážně nad pastvinami, podél pěšin, okrajů lesů a živých plotů. Svým typem lovu se jedná o lovce ve volném prostoru (tzv. aerial hawking) s kombinací lovu z odpočívadla (tzv. perch hunting) (Aulagnier *et al.* 2009).

Na našem území se trvale nevyskytuje. Do dnešní doby bylo nalezeno jen několik jedinců hlavně v moravských zimovištích (Anděra & Sovák 2018).

### **3.7.3 *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800)**

Jedná se o teplomilný druh, který lze častěji zaznamenat na Moravě, kde je vázán zvláště na krasová území (Anděra & Sovák 2018). Ke své lovecké aktivitě preferuje lesnatou krajinu, křoviny, parky a využívá také zemědělské plochy. V severních oblastech svého výskytu tvoří tento druh své mateřské kolonie obvykle na půdách starých budov. V jižněji orientovaných oblastech pak v jeskyních. Hibernuje v jeskyních, štolách a dalších podzemních prostorách (Aulagnier *et al.* 2009). Svým loveckým způsobem se jedná o velmi plastický druh. Svoji kořist může lovit z povrchu keřů a stromů (tzv. gleaning), ale také přímo ve vzduchu (tzv. aerial hawking) (Abbott *et al.* 2012). Pro tento druh se uvádí i lov z odpočívadla (tzv. perch hunting) (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.4 *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797)**

Vyskytuje se v širokém spektru biotopů, jako jsou otevřené lesnaté krajiny, parky, pastviny a zemědělské oblasti. Jedná se primárně o jeskynní druh, ale v severní části svého výskytu využívá pro své mateřské kolonie budovy a hibernuje v podzemí (Aulagnier *et al.* 2009). Tento druh loví převážně v lesích, ale někdy také na loukách, pastvinách a jiných otevřených plochách (Zahn *et al.* 2006, Rudolph *et al.* 2009). Převážnou část své potravy loví ze země, ale svou kořist může také chytat ve vzduchu (Aulagnier *et al.* 2009, Graclik & Wasielewski 2012).

Kromě echolokace využívá k lovu také sluch a čich. Díky svému převážnému způsobu lovu ze země nemusí být snadné jeho echolokaci zachytit (Anděra 2014).

### **3.7.5 *Myotis blythii* (Tomes, 1857)**

Tento druh se vzácně a nepravidelně nachází hlavně na jihu naší republiky a na střední Moravě (Anděra & Sovák 2018). Jedná se převážně o nížinný druh, který využívá k lovu otevřenou krajinu s vysokostébelnou trávou nebo okraje lesů. Na severu areálu svého výskytu často využívají půdy budov a hibernují v podzemí (Aulagnier *et al.* 2009). Svým způsobem lovu je velmi podobný druhu *Myotis myotis* (Anděra 2014).

### **3.7.6 *Myotis nattereri* (Kuhl, 1817)**

Jedná se o druh, který loví hlavně na okrajích vegetace (okraje lesa, sady, paseky) i uvnitř lesů (Anděra 2014). Mateřské kolonie se nacházejí v půdních prostorách, štěrbinách budov nebo v dutinách stromů. Hibernuje v podzemí (Aulagnier *et al.* 2009), v puklinách skal a zřejmě i v dutinách stromů (Anděra & Sovák 2018). Jedná se o sběrače z vegetace (tzv. gleaning) a také vzdušného lovce (tzv. aerial hawking), který loví kořist ve vysoce zaplněném prostoru (Aulagnier *et al.* 2009, Abbott *et al.* 2012, Fuentes-Montemayor *et al.* 2013).

### **3.7.7 *Myotis emarginatus* (É. Geoffroy, 1806)**

Druh vyskytující se převážně na Moravě, který se šíří do Čech. Vyskytuje se v listnatých a smíšených lesích, v krajině parkového typu, na vesnicích a na okrajích měst (Anděra & Sovák 2018). V severní části svého areálu vytváří mateřské kolonie v budovách a hibernuje v podzemí. Svoji potravu získává hlavně sběrem z vegetace (Zahn *et al.* 2006, Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.8 *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817)**

Jedná se o široce rozšířený druh, který se nachází na nejrůznějších biotopech včetně měst. Jako letní úkryty mohou využít škvíry budov, střešní tašky, někdy také skalní štěrbiny nebo stromy. Hibernuje v podzemí. Svoji kořist loví hlavně podél okrajů lesa a husté vegetace (Aulagnier *et al.* 2009). Tento druh kombinuje vzdušný lov (tzv. aerial hawking) a sběr kořisti z povrchů (tzv. gleaning) (Aulagnier *et al.* 2009, Abbott *et al.* 2012).

### **3.7.9 *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845)**

Jedná se o lesní druh, který využívá hlavně smíšené a listnaté lesy, často v blízkosti vody. Svoji kořist vyhledává v široké škále biotopů. Například v listnatých a jehličnatých lesích, podél okrajů lesů, živých plotů i v úrovni korun stromů (Aulagnier *et al.* 2009). V létě se ukrývají v dutinách a štěrbinách kmenů nebo jsou za obložení budov, které se nacházejí v blízkosti lesa. Hibernují v podzemí (Meschede 2004). Jeho echolokace je totožná s druhem *Myotis mystacinus*. Tento druh kombinuje vzdušný lov (tzv. erial hawking) a lov v listoví (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.10 *Myotis alcathoe* (Helversen & Heller, 2001)**

Jedná se o nově rozlišovaný druh, který byl popsán až v roce 2001 (Anděra 2014). Dle dosavadních poznatků se jedná o lesní druh, který preferuje husté a vlhké listnaté a smíšené lesní porosty, často v blízkosti vody (Aulagnier *et al.* 2009). Svě úkryty má v prasklinách a malých dutinách kmenů a větví, obvykle vysoko v korunách stromů. Potravu loví ve výši korun stromů, ale i níže nad zemí nebo vodou (Anděra & Gaisler 2012).

### **3.7.11 *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817)**

Jedná se o druh, který je vázán na listnaté a smíšené lesy, hlavně na přítomnost dubových a bukových porostů s bohatým podrostem a starými stromy (Aulagnier *et al.* 2009). Reprodukční kolonie se nacházejí nejčastěji v dutinách stromů a v zimě obývají převážně jeskyně a štoly (Meschede 2004).

Druh netopýra, který disponuje širokými křídly, která mu umožňují pomalý a třepotavý let mezi vegetací (Meschede 2004). Svoji kořist loví ve vzduchu, z povrchu listů a zřejmě i ze země, kde kromě echolokace může využívat také svůj sluch (Anděra 2014).



### **3.7.12 *Myotis dasycneme* (Boie, 1825)**

Je to druh, který se vzácně vyskytuje v nížinách se stojatými či tekoucími vodami (Anděra & Sovák 2018). Letní kolonie tvoří ve střeších starých budov a hibernuje v podzemí. Nejčastěji svoji kořist loví velkými tlapkami z vodní hladiny (Aulagnier *et al.* 2009, Anděra & Gaisler 2012). Kromě lovu z vodní hladiny (tzv. trawling) využívá také lovu ve vzduchu (tzv. aerial hawking) (Anděra & Sovák 2018).

### **3.7.13 *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817)**

Druh hojný kolem rybníků, pomalu tekoucích vod a také v listnatých a smíšených lesích. Své letní úkryty mají nejčastěji ve stromech a zimují převážně v podzemních prostorech (Meschede 2004, Aulagnier *et al.* 2009) i v dutinách stromů (Anděra & Sovák 2018). Jeho užívanou metodou lovu je sběr z vodní hladiny pomocí tlapek (tzv. trawling), kombinovaná se vzdušným lovem (tzv. aerial hawking) (Abbott *et al.* 2012, Fuentes-Montemayor *et al.* 2013).

### **3.7.14 *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774)**

Druh netopýra disponující širokými křídly je v našich podmínkách pevně vázán na budovy, které mu nabízejí letní i zimní úkryty (Aulagnier *et al.* 2009, Anděra & Gaisler 2012). Jako lovecký prostor využívá širokou škálu biotopů, nejběžněji v lesnatých zemědělských oblastech, sekaných luk a parků. Tento druh se často zdržuje ve městech a vesnicích. Svou kořist loví hlavně ve vzduchu nad otevřenou krajinou, ale může ji sbírat i z listoví (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.15 *Eptesicus nilssonii* (Keyserling & Blasius, 1839)**

Tento druh obývá převážně lesnaté horské a podhorské oblasti. Reprodukční kolonie jsou nejčastěji ve štěrbinách budov, popřípadě ve stromových dutinách. Hibernuje v budovách, někdy v jeskyních a štolách. Jedná se o poměrně rychlého letce lovícího v otevřeném prostoru (podél stromořadí, okraje lesa, nad pasekami i nad úrovní stromů v lesním komplexu). Někdy také s oblibou loví kolem pouličního osvětlení (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.16 *Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758)**

Tento druh se vyskytuje v různých typech krajiny. Lze ho pozorovat v městských a zemědělských oblastech a v lesích, často v blízkosti vody. Své letní kolonie mají ve štěrbinách budov, skalních štěrbinách a v dutých stromech. Hibernují ve skulinách budov či skal (Aulagnier *et al.* 2009). Loví rychlým letem v korunách stromů, nad lesy i v osadách (Anděra 2014).

### **3.7.17 *Hypsugo savii* (Bonaparte, 1837)**

Jedná se o šířící se druh, jehož dosavadní nepočetné nálezy na našem území byly uskutečněny často ve velkých městech (Reiter *et al.* 2010, Anděra & Sovák 2018).

Druh obývající skalnatá prostředí a hory, údolí, pobřežní a městské oblasti a krajinu s řídkou vegetací. Letní úkryty vyhledává ve skalních puklinách, budovách nebo v dutinách stromů. Hibernuje ve skalních škvírách, občas také v podzemí.

Jedná se o rychlého letce, který loví svou kořist ve volných vzdušných vrstvách (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.18 *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)**

Jeho loveckou aktivitu lze zaznamenat v nejrůznějších biotopech, jako jsou zahrady a parky, podél říčních břehů, podél živých plotů a u okrajů lesa. Letní kolonie lze často nalézt ve štěrbinách budov nebo v dutinách stromů. Zimní úkryty pak též vyhledává v budovách a v dutinách stromů (Aulagnier *et al.* 2009). K lovu potravy využívá vzdušný lov (Abbott *et al.* 2012, Fuentes-Montemayor *et al.* 2013).

### **3.7.19 *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825)**

Jeho preferovanými biotopy jsou převážně pobřežní lesy a voda, okraje lesů, živé ploty, suburbanní zahrady a parky (Fuentes-Montemayor *et al.* 2013). Letní kolonie jsou nalézány často ve štěrbinách budov a také v dutinách stromů. Hibernuje též převážně v budovách a dutinách stromů (Aulagnier *et al.* 2009). K zachycení kořisti využívá vzdušného lovu (Frey-Ehrenbold *et al.* 2013, Fuentes-Montemayor *et al.* 2013).

### **3.7.20 *Pipistrellus nathusii* (Keyserling & Blasius, 1839)**

Druh loví svou kořist podél okrajů lesa, živých plotů a vodních toků. Jako letní úkryty jim v našich podmínkách slouží převážně štěrbiny budov, méně často také dutiny stromů. Hibernují ve štěrbinách budov, skalních puklinách, dutinách stromů a výjimečně také v podzemí (Aulagnier *et al.* 2009). K lovu kořisti využívají vzdušný lov (Anděra & Sovák 2018).

### **3.7.21 *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817)**

Jedná se o nově zaznamenaný druh na našem území, který byl poprvé zaznamenán ve Znojmě v roce 2007 (Reiter *et al.* 2007, Anděra & Sovák 2018).

Je to druh nížin, ale i svahů nižších pohoří, které je silně vázaný na lidská sídla. Letní úkryty mají ve štěrbinách budov, ale také ve skalních škvírách a v dutinách stromů. Hibernuje v budovách a sklepech. Jedná se o druh, který často loví v městském prostředí a kolem pouličního osvětlení (Aulagnier *et al.* 2009). Loveckým chováním se jedná o vzdušného lovce (Anděra & Sovák 2018).

### **3.7.22 *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780)**

Na našem území se vyskytuje velice zřídka, pravděpodobně hlavně za tahu (Anděra & Sovák 2018). Jedná se o druh, který je zaznamenaný v různých typech lesa. Dutiny stromů využívá celoročně, vzácně ho lze nalézt na lidských sídlech. Jedná se však stále o nedostatečně prozkoumaný druh, jehož výskyt je obecně patrně vzácný (Aulagnier *et al.* 2009). Svoji kořist loví nad volnou krajinou (Anděra & Sovák 2018).

### **3.7.23 *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774)**

Druh listnatých a smíšených lesů, břehových porostů vod a také se nachází běžně ve městech (Anděra & Sovák 2018). Jedná se o rychlého letce ve volném prostoru, jehož kolonie jsou celoročně ve stromových dutinách, štěrbinách skal či panelových domů (Meschede 2004, Anděra & Sovák 2018). Svou kořist loví nad korunami stromů a nad dalšími typy otevřené krajiny (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.24 *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817)**

Primárně lesní netopýr, který se vyskytuje v nejrůznějších typech lesnaté krajiny (Aulagnier *et al.* 2009). Jedná se o lovce otevřených prostorů (Abbott *et al.* 2012). Nejčastěji ho lze zaznamenat kolem okrajů lesa, stromořadí a nad pastvinami (Aulagnier *et al.* 2009). Letní kolonie i hibernační místa mají v dutinách stromů nebo ve štěrbinách budov (Anděra & Gaisler 2012).

### **3.7.25 *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774)**

Druh upřednostňující výše položené lesnaté neobhospodařované oblasti, ale lze ho nalézt také i v otevřené členité krajině (Aulagnier *et al.* 2009, Anděra & Sovák 2018). Patří mezi vzdušné lovce, kteří loví v lesních porostech až do výše korun stromů. Mateřské kolonie bývají pod uvolněnou kůrou velkých stromů, jako jsou buky, ale také ve škvírách budov. Přes zimu hibernují v podzemních prostorech (Aulagnier *et al.* 2009) či na podobných místech, kde tvoří své mateřské kolonie.

Tento druh disponuje jedinečnou echolokací, kde střídá dva typy signálů (Anděra 2014).

### **3.7.26 *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758)**

Druh netopýra, jehož široká křídla mu umožňují pomalý a obratný let mezi hustou vegetací (Meschede 2004). Lesní druh, který lze zaznamenat ve všech lesních typech, občas parcích a zahradách (Abbott *et al.* 2012). Loví mezi vegetací sběrem z povrchu listů nebo přímo ze země. Velmi často také využívá pasivního poslechu zvuků vydávaných kořistí, případně může využívat také zrak (Anděra 2014). Echolokace je velmi podobná druhu *Plecotus austriacus* a proto bývá problém s rozlišením těchto dvou druhů. Své období klidu tráví ve stromových dutinách, často se však ukrývá také na půdách budov. Hibernuje v podzemních prostorech, ale také v budovách nebo v nepromrzajících dutinách stromů (Aulagnier *et al.* 2009).

### **3.7.27 *Plecotus austriacus* (J. Fischer, 1829)**

Druh, který je svou echolokací velmi podobný předešlému druhu. Na rozdíl od druhu *Plecotus auritus* spíše vyhledává nižší polohy s menším podílem lesnaté krajiny, kde je více vázaný na kulturní krajinu (Anděra & Sovák 2018). Letní kolonie jsou v našich podmínkách zpravidla v budovách a hibernační místa nachází v puklinách budov nebo v podzemních prostorách. Tento druh kombinuje vzdušný lov a lov sběrem z listů (Aulagnier *et al.* 2009).

## 4 Materiál a metodika

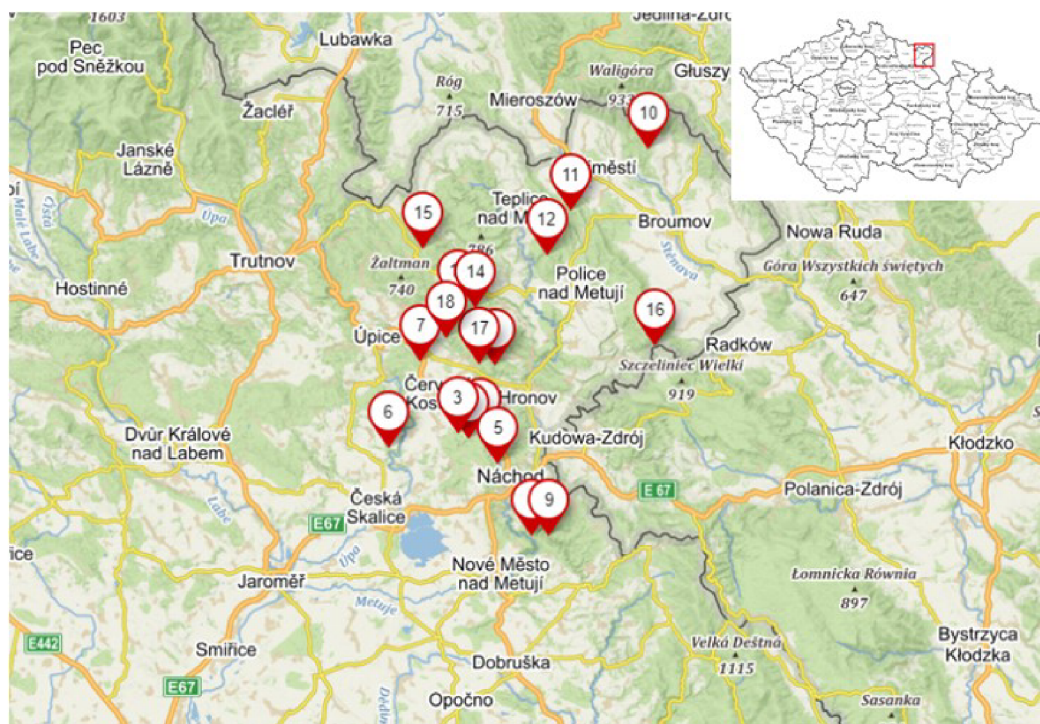
### 4.1 Studované lokality

K terénnímu výzkumu bylo vybráno 18 lokalit (viz obr. 4). Všechny zkoumané lokality se nacházejí na SV České republiky v Královéhradeckém kraji. Nejseverněji položená lokalita se nachází v obci Heřmánkovice, která se nachází přibližně 5 km SZ od města Broumov. Nejnižněji položená lokalita se nachází v PR Peklo. Ta je vzdálena přibližně 6 km SV od města Nové Město nad Metují.

Nahrávky byly pořízeny ve dvou rozdílných vzdálenostech od lidských sídel. Devět bodů je lokalizováno v blízkosti lidských sídel (do 300 m) a devět bodů je lokalizováno ve větší vzdálenosti od lidských obydlí (od 850 m).

Všechny monitorovací body se nacházejí v lesním komplexu, který má rozlohu alespoň 50 ha. Dalším důležitým faktorem byla přítomnost mírně tekoucí či stojaté vody.

Přednostně byly vybrány lokality se smíšenými lesy. Z jehličnatých stromů zde měl nejvyšší zastoupení smrk ztepilý. Z listnatých stromů se zde nacházeli převážně druhy, které jsou charakteristické pro acidofilní bučiny, údolní jasanovo-olšové luhy, květnaté bučiny, hercynské dubohabřiny a suché acidofilní doubravy (aplikace MapoMat, verze 2.0.0.2).



Obr. 4. Mapa lokalit (www.mapy.cz)

Tab. 1. Seznam lokalit, jejich zeměpisné souřadnice a datum, kdy došlo k instalaci a odinstalování přístrojů.

Pozn: CS – lokality v blízkosti lidských sídel, FS – lokality daleko od lidských obydlí

Lokalita	Název lokality	Zeměpisné souřadnice		Datum	
		N	E	Začátek	Konec
1	Kouřim u Horních Rybníků (CS)	50°26'51.357"	16°7'50.864"	7.6.19	9.6.19
2	Trubějov (FS)	50°26'40.080"	16°7'4.593"	7.6.19	9.6.19
3	Olešnice (CS)	50°26'54.014"	16°6'25.631"	7.6.19	9.6.19
4	Maternice (FS)	50°29'39.025"	16°8'42.330"	23.6.19	28.6.19
5	Náchod (Kobylice) (CS)	50°25'41.708"	16°8'56.863"	23.6.19	28.6.19
6	Slatina nad Úpou (FS)	50°26'18.378"	16°2'1.705"	2.7.19	6.7.19
7	Havlovice (CS)	50°29'47.514"	16°4'3.428"	3.7.19	7.7.19
8	NP Peklo (CS)	50°22'47.009"	16°11'4.930"	5.7.19	9.7.19
9	NP Peklo (FS)	50°22'49.743"	16°12'8.495"	5.7.19	9.7.19
10	Heřmánkovice (FS)	50°38'16.789"	16°18'21.784"	11.7.19	14.7.19
11	Teplice nad Metují (Bohdašín) (FS)	50°35'48.769"	16°13'31.449"	11.7.19	14.7.19
12	Lachov (FS)	50°34'1.355"	16°12'0.055"	11.7.19	14.7.19
13	Jívka (CS)	50°31'58.155"	16°6'25.264"	15.7.19	18.7.19
14	Jívka (FS)	50°31'57.572"	16°7'29.245"	15.7.19	18.7.19
15	Radvanice (CS)	50°34'16.681"	16°4'14.301"	15.7.19	18.7.19
16	Polická stráž u Božanova (FS)	50°30'25.936"	16°18'49.613"	23.7.19	27.7.19
17	Horní Kostelec (CS)	50°29'39.578"	16°7'46.838"	23.7.19	27.7.19
18	Veselka u Rtně v Podkrkonoší (CS)	50°30'44.592"	16°5'39.215"	23.7.19	27.7.19

## 4. 2 Metoda a přístrojové vybavení

Terénní práce měla charakter jednosezónního sledování netopýrů v lesním komplexu. Výzkum byl zaměřen na měsíc červen a červenec, tedy na období pozdní gravidity a laktace. Sledování společenstev netopýrů probíhalo pomocí ultrazvukových detektorů Song Meter SM3BAT a SM4BAT, které umožňují automatický záznam echolokačních signálů netopýrů. Detektor byl vybaven externím ultrasonickým mikrofonom (SMM-U1) a byl energeticky napájen pomocí externích nabíjecích baterií. Zaznamenané echolokační signály byly nahrány na velkokapacitní SD karty (o velikosti 32 GB).

Detektory byly připevněny na stromě ve výšce 3-4 m v blízkosti stojaté nebo mírně tekoucí vody. Přístroje byly připevněny tak, aby mikrofony směřovaly přímo nad vodní hladinu nezastíněnou okolní vegetací. Byla také vybírána přednostně místa, kde byl co nejvíce minimalizován hluk proudící vody, za účelem maximalizovat detekci echolokace netopýrů.



Obr. 5. Lokalita Jívka v blízkosti lidských sídel (CS) s nainstalovaným detektorem SM4BAT

### 4.3 Sběr dat

Sběr dat na daných lokalitách probíhal od 7. 6. 2019 do 27. 7. 2019 a doba monitoringu na daných lokalitách se pohybovala od dvou do pěti nocí (viz tab. 1). Přístroje byly nastaveny tak, aby začaly nahrávat při západu slunce a nahrávání ukončily při jeho východu.

### 4.4 Zpracování a vyhodnocení dat

Nahraná data byla posléze zpracována pomocí několika software programů. Prvním programem byl Kaleidoskop, který je schopný nahrávky rozdělit na kratší desetisekundové úseky a zároveň odfiltrovat falešné spouštěče nahrávání detektoru, které vznikají například díky abiotickým zvukům.

Takto upravená data byla dále zpracována pomocí programu SonoChiro, který automaticky vyhodnocuje velké objemy dat a je schopný nahrávky přiřadit buď ke konkrétní skupině druhů, nebo je přiřadit přímo ke konkrétnímu druhu. Konkrétní skupiny druhů či přímo daný druh byl v programu označen daným stupněm validity (od 0 do 10), který značí spolehlivost jeho určení daným programem. Takto získané výsledky byly dále protříděny dle odvozených validit, které byly získány (odvozeny) pomocí manuální analýzy echolokačních signálů v programu BatSound Pro (verze 3.31). Pokud dané nahrávky splňovaly podmínku alespoň nejnižší přijatelné validity pro daný druh, tak byly přiřazeny ke konkrétnímu druhu (viz tab. 2). V opačném případě byly nahrávky přiřazeny pouze do konkrétních skupin druhů.

Tab. 2. Zaznamenané druhy netopýrů s použitými validitami při zpracování dat

Druh	Validita
<i>Barbastella barbastellus</i>	4
<i>Eptesicus nilssonii</i>	3
<i>Eptesicus serotinus</i>	2
<i>Myotis alcathoe/emarginatus</i>	2
<i>Myotis bechsteinii</i>	2
<i>Mbrandtii/mystacinus</i>	1
<i>Myotis dasycneme</i>	3
<i>Myotis daubentonii</i>	1
<i>Myotis myotis</i>	3
<i>Myotis natererii</i>	4
<i>Nyctalus leislerii</i>	3
<i>Nyctalus noctula</i>	2
<i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	2
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	3
<i>Plecotus auritus/austriacus</i>	2
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	2
<i>Vespertilio murinus</i>	2

Pro srovnání celkové aktivity jednotlivých druhů netopýrů v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel bylo nejprve užito grafického znázornění počtu nahraných záznamů na daných lokalitách (daleko od lidských sídel a blízko lidským sídlům). Pro porovnání bylo nejprve nutno dané záznamy zprůměrovat na jednu noc monitoringu.

Dále pro srovnání celkové aktivity jednotlivých druhů netopýrů a aktivity jednotlivých skupin netopýrů na rozdílných lokalitách bylo užito Mann – Whitney U testu. Netopýři byli klasifikováni na základě důkladného literárního přehledu (např. Dietz *et al.* 2007, Norberg & Rayner 1987) a byli rozděleni do jednotlivých skupin dle strategie lovu (gleaners a hawkers), dle morfologie křídel (široká a úzká), dle preference úkrytů (přirozené a umělé) a dle preferovaného habitatu (přirozená a antropogenní). Druhy vykazující střední hodnoty byly z testu vynečány. V tomto testu se porovnávají hodnoty populace pocházející ze stejné populace. Tyto testy byly zpracovány pomocí programu STATISTICA (StatSoft 2001).

Další částí výsledků bylo grafické znázornění aktivity jednotlivých druhů netopýrů během celé noci. Zde byla jejich celková aktivita (počet všech nahraných záznamů) rozdělena do hodinových intervalů.



## 5 Výsledky a diskuse

### 5.1 Celkové zhodnocení výsledků z terénního výzkumu

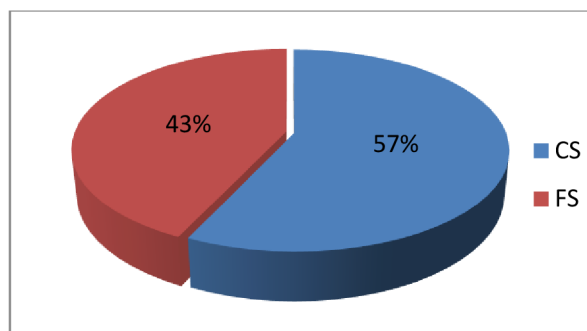
V terénu bylo z osmnácti lokalit celkem pořízeno 22038 echolokačních záznamů. Z tohoto počtu bylo 18120 nahrávek přiřazeno ke konkrétnímu druhu (či dvojici druhů) a 3918 záznamů bylo přiřazeno ke skupině druhů ENVsp, Myosp, Pip35 nebo Pip50 (viz tab. 3). Výzkumem bylo prokázáno 14 druhů a 4 dvojice druhů netopýrů z čeledi *Vespertilionidae* a *Rhinolophidae*. Ve výčtu všech druhů obývajících naše území chybí pouze druhy *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis blythii*, *Hypsugo savii* a *Nyctalus lasiopterus*, které se řadí mezi naše nejvzácnější druhy. Druh *Myotis dasycneme* byl z důvodu pravděpodobného chybného určení (záměny za druh *Myotis daubentonii*) v dalším vyhodnocování výsledků vynechán.

Celková aktivita vykazovala vyšší aktivitu na lokalitách blíže k lidským sídlům. Na těchto lokalitách bylo pořízeno 2843 záznamů (57 %). Na lokalitách dále od lidských sídel bylo pořízeno 2153 záznamů (43 %) (uvedené počty záznamů jsou průměrné hodnoty na jeden den monitoringu) (viz obr. 6).

Tab. 3. Celkové počty záznamů jednotlivých druhů (dvojic druhů) a skupin druhů.  
 ENVsp – (rod *Eptesicus*, *Nyctalus* a *Vespertilio*), Myosp – (všechny druhy rodu *Myotis*), Pip35 –  
 (druh *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus nathusii* a *Hypsugo Savii*), Pip50 – (druh *Pipistrellus*  
*pipistrellus* a *Pipistrellus pygmaeus*)

Pozn.: CS – lokality v blízkosti lidských sídel, FS – lokality vzdálené lidským sídlům

Druh	Počet záznamů		
	CS	FS	Dohromady
<i>B. barbastellus</i>	27	706	733
<i>E. nilssonii</i>	204	371	575
<i>E. serotinus</i>	35	17	52
<i>M. alcaethoe/emarginatus</i>	222	61	283
<i>M. bechsteinii</i>	98	494	592
<i>M. brandtii/mystacinus</i>	293	916	1209
<i>M. dasycneme</i>	1	14	15
<i>M. daubentonii</i>	2186	2176	4362
<i>M. myotis</i>	7	44	51
<i>M. nattereri</i>	36	20	56
<i>N. leisleri</i>	36	59	95
<i>N. noctula</i>	899	413	1312
<i>P. kuhlii/nathusii</i>	67	526	593
<i>P. pipistrellus</i>	6274	1104	7378
<i>P. pygmaeus</i>	116	594	710
<i>P. auritus/austriacus</i>	26	61	87
<i>R. hipposideros</i>	2	2	4
<i>V. murinus</i>	5	8	13
<b>Celkem</b>	<b>10534</b>	<b>7586</b>	<b>18120</b>
ENVsp	760	406	1166
Myosp	705	1736	2441
Pip35	31	190	221
Pip50	32	58	90
<b>Celkem</b>	<b>1528</b>	<b>2390</b>	<b>3918</b>



Obr. 6. Porovnání celkové aktivity (echolokačních záznamů) netopýrů v blízkosti (CS) a dále od lidských sídel (FS).

Pozn.: Zprůměrováno na jeden den monitoringu.

## 5.2 Porovnání aktivity jednotlivých druhů netopýrů v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel

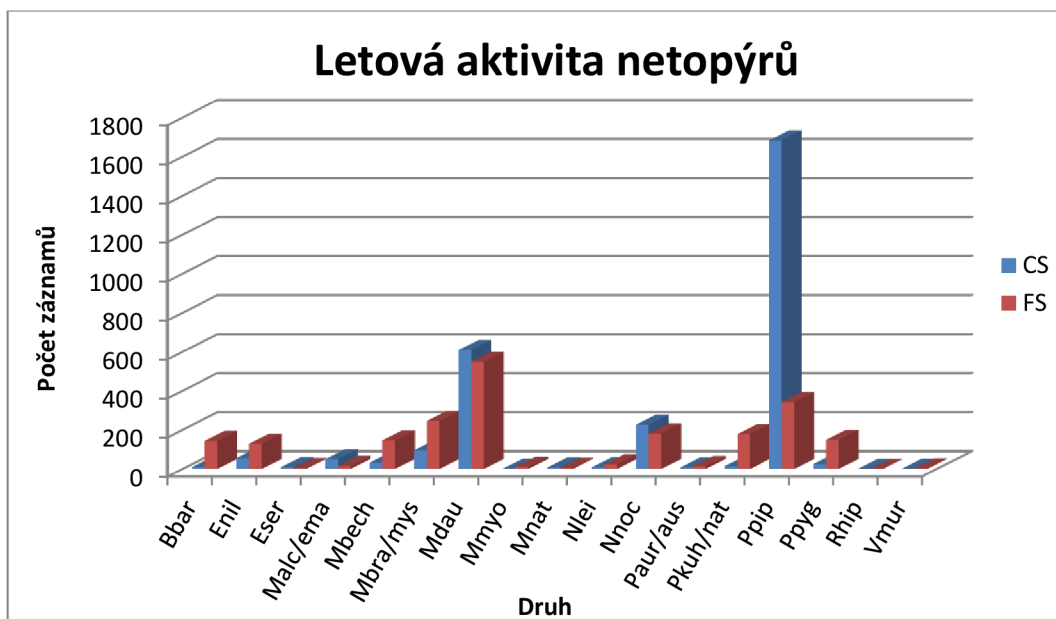
### Výsledky:

Jak je vidět na obr. 7, tak výsledky naznačují určitou druhovou rozdílnost ve vazbě na lidská sídla. Určité druhy vykazují vyšší zastoupení v lokalitách bez přítomnosti lidských staveb. Jiné druhy netopýrů vykazují silnější vazbu na oblasti v blízkosti lidských sídel. Tyto výsledky však nejsou statisticky průkazné.

Do skupiny druhů, které se vyhýbaly lidským sídlům, patří *B. barbastellus* s 15,4x vyšší aktivitou v oblastech bez lidských sídel, *P. kuhlii/nathusii* (12,1x), *M. myotis* (6,1x), *P. pygmaeus* (5,9x), *M. bechsteinii* (4,5x), *M. brandtii/mystacinus* (2,6x), *E. nilssonii* (2,3x), *P. auritus/austriacus* (1,8x) a *N. leisleri* (1,6x).

Naopak do druhů, které vykazovaly vyšší aktivitu v blízkosti lidských sídel patří *P. pipistrellus* (4,9x), *M. alcaethoe/emarginatus* (3,2x) a *E. serotinus* (2x). Další dva druhy *M. daubentonii* a *N. noctula* vykazovaly dosti podobné zastoupení jak v blízkosti lidských sídel, tak také v oblastech bez nich. U zbylých druhů (*M. nattereri*, *R. hipposideros* a *V. murinus*) bylo pořízeno velmi málo záznamů, a tak je nelze hodnotit.

Ke statistické průkaznosti bylo užito Mann-Whitney U testu (viz tab. 4). Zde se porovnávaly hladiny signifikance pro jednotlivé druhy netopýrů v závislosti na vzdálenosti od lidských sídel. Výsledky však nevykazují ani u jednoho druhu statistickou průkaznost.



Obr. 7. Letová aktivita netopýrů v rozdílných vzdálenostech od lidských sídel.

Pozn.: Záznamy zprůměrovány na jednu noc monitoringu. (CS – v blízkosti lidských sídel, FS – daleko od lidských sídel)

Tab. 4. Statistické výsledky Mann – Whitney U testu zobrazující rozdíly v aktivitě jednotlivých druhů netopýrů v blízkosti a dále od lidských sídel

	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
<i>B. barbastellus</i>	77,50000	93,50000	32,50000	-0,70642	0,479929	-0,74002	0,459289	9	9	0,489428
<i>E. nilssonii</i>	77,00000	94,00000	32,00000	-0,75057	0,452913	-0,76450	0,444569	9	9	0,489428
<i>E. serotinus</i>	86,00000	85,00000	40,00000	0,04415	0,964784	0,04850	0,961317	9	9	1,000000
<i>M. alcaethoe/emarginatus</i>	86,00000	85,00000	40,00000	0,04415	0,964784	0,04461	0,964415	9	9	1,000000
<i>M. bechsteini</i>	66,00000	105,00000	21,00000	-1,72189	0,085090	-1,72725	0,084124	9	9	0,093912
<i>M. brandtii/mystacinus</i>	72,00000	99,00000	27,00000	-1,19208	0,233231	-1,19208	0,233231	9	9	0,258083
<i>M. daubentonii</i>	83,50000	87,50000	38,50000	-0,17660	0,859819	-0,17706	0,859460	9	9	0,863307
<i>M. myotis</i>	72,00000	99,00000	27,00000	-1,19208	0,233231	-1,31196	0,189533	9	9	0,258083
<i>M. nattereri</i>	82,50000	88,50000	37,50000	-0,26491	0,791082	-0,27306	0,784808	9	9	0,796174
<i>N. leisleri</i>	89,00000	82,00000	37,00000	0,30906	0,757278	0,32376	0,746121	9	9	0,796174
<i>N. noctula</i>	93,00000	78,00000	33,00000	0,66227	0,507801	0,70752	0,479242	9	9	0,545701
<i>P. kuhlii/nathusii</i>	75,50000	95,50000	30,50000	-0,88302	0,377225	-0,89322	0,371740	9	9	0,386508
<i>P. pipistrellus</i>	84,50000	86,50000	39,50000	-0,08830	0,929637	-0,08858	0,929418	9	9	0,931427
<i>P. pygmaeus</i>	82,00000	89,00000	37,00000	-0,30906	0,757278	-0,35153	0,725192	9	9	0,796174
<i>P. auritus/austriacus</i>	83,00000	88,00000	38,00000	-0,22076	0,825283	-0,22792	0,819705	9	9	0,863307
<i>R. hipposideros</i>	85,50000	85,50000	40,50000	0,00000	1,000000	0,00000	1,000000	9	9	1,000000
<i>V. murinus</i>	84,50000	86,50000	39,50000	-0,08830	0,929637	-0,12124	0,903500	9	9	0,931427
<b>Celková aktivita</b>	<b>80,00000</b>	<b>91,00000</b>	<b>35,00000</b>	<b>-0,485662</b>	<b>0,627207</b>	<b>-0,485662</b>	<b>0,627207</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>0,666475</b>

#### Diskuse:

Výsledky práce naznačují, že větší část jednotlivých druhů netopýrů inklinovala k oblastem bez lidských staveb (*B. barbastellus*, *P. kuhlii/nathusii*, *M. myotis*, *P. pygmaeus*, *M. bechsteini*, *M. brandtii/mystacinus*, *E. nilssonii*, *P. auritus/austriacus* a *N. leisleri*). Pouhé tři druhy vykazovaly vyšší zastoupení v oblastech blíže k lidským sídlům (*P. pipistrellus*, *M. alcaethoe/emarginatus* a *E. serotinus*). Všechny tyto výsledky ovšem byly statisticky neprůkazné (viz tab. 4). Ostatní druhy byly z diskuse vynechány, protože jejich zaznamenaná aktivita byla

na lokalitách příliš nízká. Další druhy pak vykazovaly dosti podobné zastoupení v obou typech studovaných oblastí.

V práci Kovářiková (2016) však výsledky vykazují opačný trend. Většina druhů netopýrů zde inklinovala k lokalitám blíže lidským sídlům (*E. nilssonii*, *E. serotinus*, *M. alcathoe/emarginatus*, *M. brandtii/mystacinus*, *M. daubentonii*, *M. myotis*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *N. lasiopterus*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *P. kuhlii/nathusii*, *P. auritus/austriacus* a *V. murinus*). Naproti tomu pouhé tři druhy vykazovaly vyšší zastoupení v lokalitách dále od lidských sídel (*B. barbastellus*, *M. bechsteinii* a *M. nattereri*).

*P. pipistrellus*, *M. alcathoe/emarginatus* a *E. serotinus* byly jedinými druhy, u kterých byl zaznamenán vyšší počet nahrávek v blízkosti lidských sídel. Druh *E. serotinus* a *P. pipistrellus* je znám pro svou vysokou adaptabilitu v člověkem pozmeněném prostředí. V mnoha pracích vykazují tyto dva druhy schopnost se přizpůsobit a využít staveb postavených člověkem. V práci Lesinski *et al.* (2000) byl *E. serotinus* identifikován jako nejlépe přizpůsobený druh pro život v městských stanovištích středního Polska. Jeho aktivita se zde snižuje od centra měst směrem do krajiny. Jako typický lovec v městském stanovišti byl zaznamenán spolu s druhem *P. pipistrellus* mnoha dalšími autory (například: Gaisler *et al.* 1998, Hanák *et al.* 2009, Ciechanowski 2015, Lehotská 2015, Kovářiková 2016). Se závěry Lesinski *et al.* (2000) zřejmě souvisí i menší počet záznamů u druhu *E. serotinus* v této práci, jelikož lokality byly vybrány v blízkosti menších vesnic, nikoliv v oblastech vysokého stupně urbanizace. U dvojice druhů *M. alcathoe/emarginatus* se zřejmě jedná převážně o více rozšířený druh *M. emarginatus*, kterého lze zaznamenat v oblastech u lidských sídel a vykazuje oproti druhu *M. alcathoe* vyšší synantropní tendence (Cepáková & Hort 2013, Anděra & Sovák 2018). Výsledky u tohoto druhu se též shodují s prací Kovářiková (2016).

Naproti tomu druhy *B. barbastellus*, *P. kuhlii/nathusii*, *M. myotis*, *P. pygmaeus*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii/mystacinus*, *E. nilssonii* a *P. auritus/austriacus* vykazovaly vyšší zastoupení v oblastech dále od lidských sídel. Z výsledků práce Ciechanowski (2015) vyplývá, že druh *P. pygmaeus* lze zaznamenat v menší míře také na vesnici. Dle práce Hanák *et al.* (2009) ho lze zaznamenat v nejlepší případě pouze na periférii měst. Tato nižší preference pro lidská sídla může souviset s mezidruhovou kompeticí s druhem *P. pipistrellus*. V této situaci *P. pipistrellus* se jako větší generalista aktivně vyhýbá lokalitám, kde se vyskytuje sympatrický druh *P. pygmaeus* (například Lintott *et al.* 2016). Tyto závěry by se také shodovaly s výsledky této práce, kdy *P. pipistrellus* upřednostňoval lidská sídla a *P. pygmaeus* byl ve větší míře na lokalitách dále od lidských obydlí.

V případě dvojice druhů *P. kuhlii/nathusii* se podle všeho jedná o více běžný druh *P. nathusii*. Dle práce Lesinski *et al.* (2000) a Ciechanowski (2015) je to jeden z druhů, který vykazuje nejvyšší úroveň vyhýbání se městským biotopům. Tento závěr by souhlasil i se závěry této práce. Naproti tomu v práci Sattler (2009) je tento druh pravidelnou součástí městských stanovišť a v práci Kovářiková (2016) též inklinoval k lidským sídlům.

U dvojice druhů *P. auritus/austriacus* se pravděpodobně jedná o více rozšířený druh *P. auritus*, který upřednostňuje spíše přírodní lokality a nanejvýše se vyskytuje v okrajových oblastech měst (Hanák *et al.* 2009). V práci Kovářiková (2016) však naproti tomu vykazoval vyšší aktivitu blíže k lidským sídlům. Nižší počet pořízených záznamů souvisí pravděpodobně s jejich velmi slabými echolokačními signály, které nejsou snadno zachytitelné (Gaisler *et al.* 1998).

Dle práce Hanák *et al.* (2009) se druh *B. barbastellus* obecně lidským sídlům vyhýbá a lze ho jen sporadicky naléznout v okrajových partiích měst při zimní hibernaci. S těmito závěry se ztotožňují též výsledky této práce i výsledky práce Kovaříková (2016).

Opačný trend v této práci vykazuje druh *M. myotis*, který měl vyšší počet záznamů v oblastech dále od lidských sídel. Dle práce Lehotská (2015) a Kovaříková (2016) se jedná o druh s výraznou tendencí k synantropii. Výsledky v této práci však mohou být zkreslené díky způsobu lovu ze země, kdy jejich signály nemusí být tak snadno zachytitelné (Anděra 2014).

Druh *M. bechsteinii* lze považovat za lesního specialistu, který se obecně lidským sídlům vyhýbá (Hanák *et al.* 2009). Výsledky této práce se u tohoto druhu také shodují s výsledky práce Kovaříková (2016), kde se také lidským sídlům spíše vyhýbal.

Druh *N. leisleri* se na našem území jeví jako poměrně vzácný druh, o kterém máme stále nedostatek informací (Hanák *et al.* 2009). V této studii vykazoval vyšší aktivitu dále od lidských sídel, což je opačný výsledek než v práci Kovaříková (2016).

U dvojice druhů *M. brandtii/mystacinus* se pravděpodobně jedná o obecně hojný druh *M. mystacinus*, který vykazoval vyšší aktivitu v oblastech dále od lidských sídel a opět v porovnání s prací Kovaříková (2016) vykazoval opačnou aktivitu.

Pozoruhodné jsou výsledky u druhu *E. nilssonii*, který ve větší míře využíval oblastí dále od lidských sídel. Dle práce Gaisler *et al.* (1998) je tento druh nejvíce běžný ve venkovských a rezidenčních oblastech a měl by tak vykazovat vyšší aktivitu v blízkosti lidských sídel jako tomu je v práci Kovaříková (2016).

Z mnoha prací vyplývá, že urbanizace je stále probíhající proces (například: Hanák *et al.* 2009, Sattler 2009, Lehotská 2015), kde je čím dál více druhů netopýrů registrováno v urbanizované krajině. Navíc stupeň urbanizace jednotlivých druhů netopýrů souvisí také se strukturálním uspořádáním okolní krajiny, a proto výsledky ostatních autorů nemusejí zcela odpovídat výsledkům této práce.

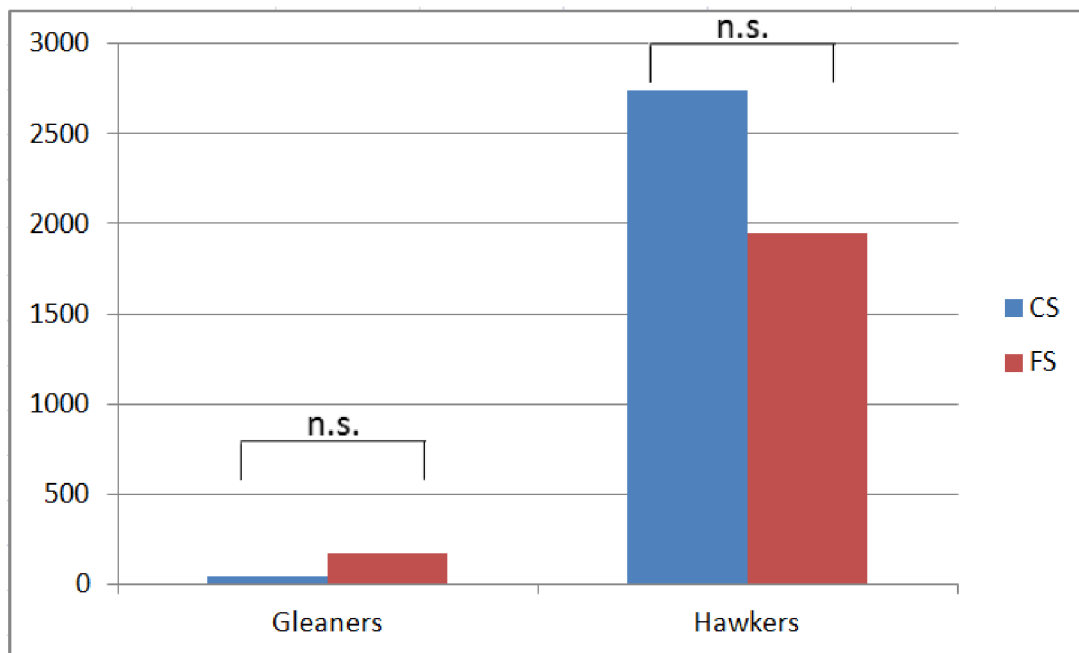
Porovnávání s prací Kovaříková (2016) také zcela nemusí odpovídat výsledkům této práce, kde důvodem může být odlišná doba monitoringu netopýrů. V práci Kovaříková (2016) se doba monitoringu vztahovala pouze na první tři hodiny po západu slunce. Naopak v této práci probíhal monitoring od západu do východu slunce.

## 5.3 Porovnání aktivity v závislosti na lovecké strategii

### Výsledky:

K dalšímu statistickému porovnání mezi lokalitami nacházející se v blízkosti a dále od lidských sídel bylo užito Mann – Whitney U testu. Zde byla komunita netopýrů rozdělena dle literárních údajů (viz kapitola 4) do dvou skupin v závislosti na jejich potravní strategii. Do skupiny gleaners byl přiřazen druh *M. nattereri*, *M. bechsteinii* a *P. auritus/austriacus*. Do druhé skupiny (aerial hawkers) byl přiřazen druh *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. kuhlii/nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *M. brandtii/mystacinus*, *M. daubentonii*, *V. murinus*, *B. barbastellus*, *E. nilssonii* a *E. serotinus*. Zbývající druhy (*M. alcaethoe/emarginatus*, *M. myotis* a *R. hipposideros*) se středními charakteristikami byly vynechány.

Výsledky na obr. 8 ukazují vyšší celkovou aktivitu sběračů z povrchů (gleaners) dále od lidských sídel, a naopak vzdušní lovci (aerial hawkers) vykazují vyšší aktivitu blíže k lidským sídlům. V obou případech však tyto výsledky nejsou statisticky průkazné.



Obr. 8. Srovnání aktivity gleaners a aerial hawkers na lokalitách v blízkosti lidských sídel (CS) a dále od lidských obydlí (FS) a jejich statistická průkaznost. Gleaners i hawkers – neprůkazné (not significant).

#### Diskuse:

Dle předpokladů by méně mobilní druhy se širokými křídly měly vykazovat vyšší zastoupení v lesích a méně pak na otevřenějších, antropogenních plochách (Bader *et al.* 2015). Méně mobilní druhy, které loví sběrem z povrchů (gleaners) by měly vykazovat vyšší zastoupení v oblastech bez přítomnosti lidských sídel. Naopak rychlí letci, kteří chytají hmyz vzdušným lovem (hawkers) by měli vykazovat vyšší zastoupení v oblastech u lidských sídel. Důvodem je vyšší rychlost letu, kdy se mohou snadněji pohybovat mezi jednotlivými typy biotopů.

Výsledky této práce (i když statisticky neprůkazné) s těmito poznatky souhlasí. Sběrači z povrchů (gleaners) mají vyšší zastoupení v oblastech dále od lidských sídel a vzdušní lovci (hawkers) mají vyšší zastoupení u lidských sídel.

Výsledky této práce se shodují i s prací Kovaříková (2016), kde výsledky u skupiny hawkers vykazovaly i statistickou průkaznost.

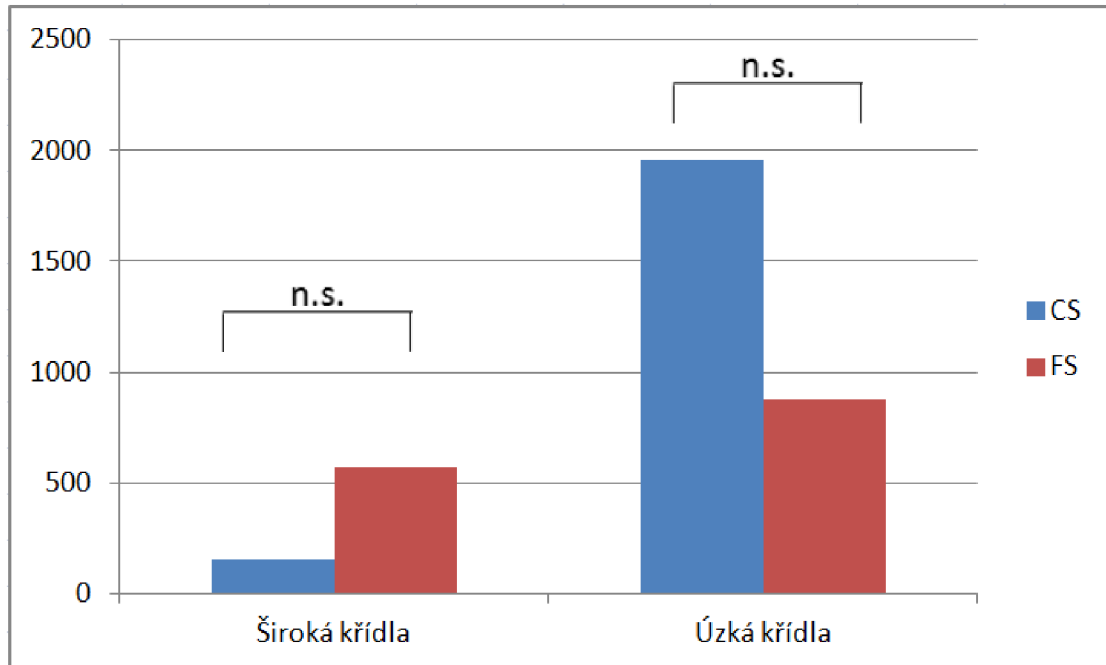
## 5.4 Porovnání aktivity v závislosti na tvaru křídel

#### Výsledky:

Dle údajů byla komunita netopýrů rozdělena do dvou skupin pro srovnání aktivity v rozdílných vzdálenostech od lidských sídel v závislosti na tvaru křídel. Do první skupiny netopýrů s úzkými křídly byl zařazen druh *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. kuhlii/nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus* a *V. murinus*. Do druhé skupiny netopýrů se širokými křídly byl přiřazen *B. barbastellus*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii/mystacinus*, *M. myotis*, *M. nattererii*, *P.*

*auritus/austriacus* a *R. hipposideros*. Ostatní druhy (*E. nilssonii*, *E. serotinus*, *M. alcaethoe/emarginatus* a *M. daubentonii*) se středními charakteristikami byly vynechány.

Výsledky naznačují vyšší aktivitu netopýrů s úzkými křídly v oblastech blíže k lidským sídlům, a naopak vyšší aktivitu netopýrů se širokými křídly v oblastech dále od lidských obydlí. Ani jeden výsledek však není statisticky průkazný (viz obr. 9).



Obr. 9. Porovnání aktivity v závislosti na tvaru křídel na lokalitách v blízkosti lidských sídel (CS) a dále od lidských sídel (FS) a jejich statistická průkaznost. Netopýři se širokými i úzkými křídly – statisticky neprůkazné (not significant).

#### Diskuse:

Dle předpokladů by méně mobilní druhy se širokými křídly měly vykazovat vyšší zastoupení v lesích a méně pak na otevřenějších, antropogenních plochách. Naopak rychlí letci s úzkými křídly by měli vykazovat vyšší zastoupení v oblastech u lidských sídel (Bader *et al.* 2015). Důvodem vyššího zastoupení lovců s úzkými křídly v oblastech u lidských sídel je vyšší rychlost letu, kdy se jedinci mohou snadněji pohybovat mezi jednotlivými typy biotopů.

V této práci výsledky ukazují (i když statisticky nepodloženo), že skupina druhů se širokými křídly měla vyšší zastoupení v oblastech dále od lidských sídel. Skupina druhů s úzkými křídly měla vyšší zastoupení v oblastech blízkých lidským sídlům.

S těmito výsledky souhlasí také práce Kovaříková (2016), kde dokonce skupina netopýrů s úzkými křídly v oblastech blízkých lidským sídlům vykazovala statistickou průkaznost.

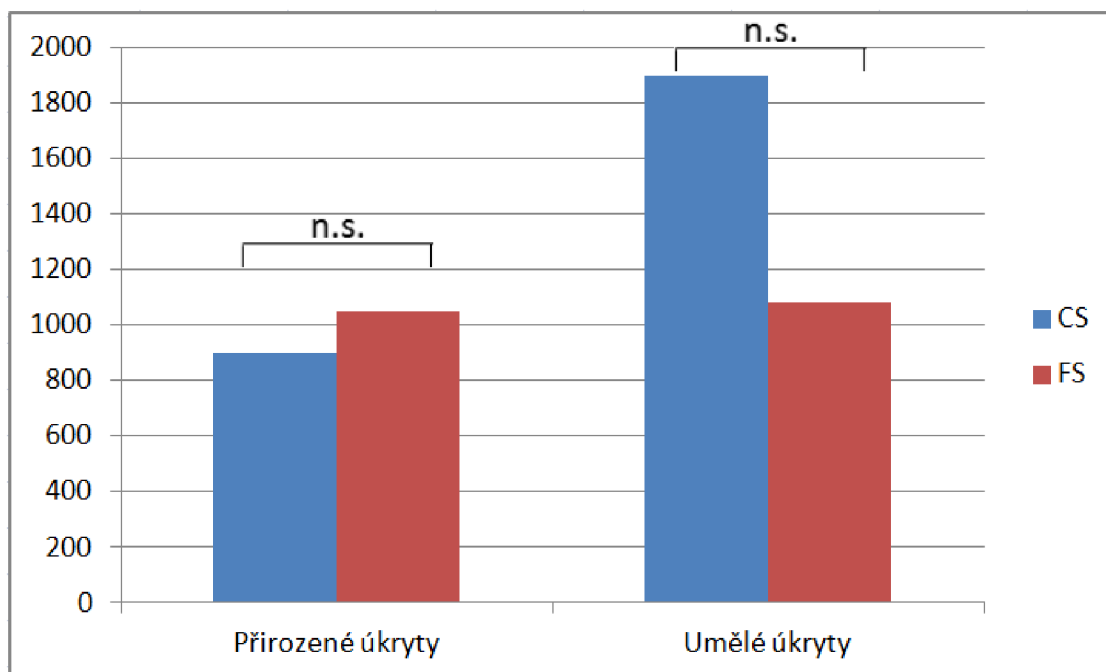


## 5.5 Porovnání aktivity v závislosti na typech úkrytů

### Výsledky:

Podle literárních údajů byla komunita netopýrů rozdělena do dvou skupin podle jejich preferencí úkrytů (přírodní a umělé). Do skupiny netopýrů využívajících umělé úkryty byl přiřazen *P. kuhlii/nathusii*, *P. pipistrellus*, *P. pygmaeus*, *P. auritus/austriacus*, *R. hipposideros*, *V. murinus*, *E. nilssonii*, *E. serotinus*, *M. brandtii/mystacinus* a *M. myotis*. Do druhů využívající přírodní úkryty byl přiřazen *B. barbastellus*, *M. bechsteinii*, *M. daubentonii*, *M. nattereri*, *N. leisleri* a *N. noctula*. Dvojice druhů *M. alcaethoe/emarginatus* vykazuje střední charakteristiky a byla tedy vynechána.

Druhy přirozených úkrytů naznačují vyšší zastoupení v lokalitách dále od lidských sídel a druhy umělých úkrytů naznačují vyšší aktivitu v oblastech blíže k lidským sídlům. Ani v tomto případě však výsledky nejsou statisticky průkazné (viz obr. 10).



Obr. 10. Porovnání aktivity druhů na lokalitách v blízkosti lidských sídel (CS) a dále od lidských obydlí (FS) dle jejich preferencí typu úkrytu a jejich statistická průkaznost. Netopýři přirozených i umělých úkrytů – neprůkazné (not significant).

### Diskuse:

Dle předpokladů by druhy přirozených úkrytů měly vykazovat vyšší zastoupení v lokalitách dále od lidských sídel. Naopak skupina druhů umělých úkrytů by měla vykazovat vyšší zastoupení v lokalitách v blízkosti lidských sídel. S tímto předpokladem výsledky této práce souhlasí (i když statisticky neprůkazné).

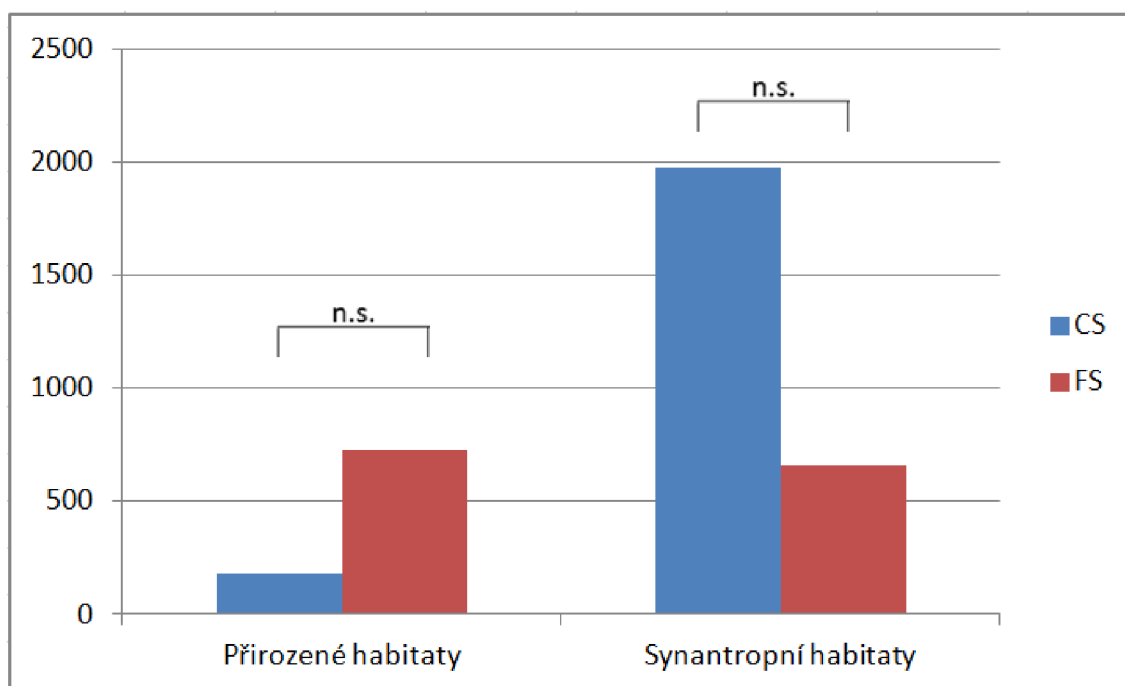
V práci Kovaříková (2016) byla skupina druhů přírodních úkrytů více zastoupena v blízkosti lidských sídel. Tento závěr však nebyl statisticky průkazný. Naopak statistickou průkaznost vykazovala skupina druhů umělých úkrytů v blízkosti lidských sídel.

## 5.6 Porovnání aktivity v závislosti na typu biotopu

### Výsledky:

Podle literárních údajů bylo společenstvo netopýrů rozděleno do dvou skupin pro srovnání aktivity na lokalitách v závislosti na typu preferovaného loveckého stanoviště (antropogenní a přirozené). Do skupiny netopýrů, využívající antropogenní stanoviště byl přiřazen *N. noctula*, *P. pipistrellus*, *V. murinus*, *E. nilssonii* a *E. serotinus*. Do druhé skupiny, využívající přirozené habitaty byl přiřazen *B. barbastellus*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii/mystacinus*, *M. myotis*, *M. nattereri*, *N. leisleri* a *P. pygmaeus*. Druhy, které vykazují střední charakteristiky, nebyly hodnocené (*M. alcaethoe/emarginatus*, *M. daubentonii*, *P. kuhlii/nathusii*, *P. auritus/austriacus* a *R. hipposideros*).

Druhy netopýrů preferující přirozené habitaty naznačují vyšší aktivitu dále od lidských sídel. Naproti tomu druhy preferující synantropní habitaty vykazují vyšší aktivitu v blízkosti obydlí. Tyto výsledky však nejsou opět statisticky průkazné (viz obr. 11).



Obr. 11. Srovnání aktivity na lokalitách v blízkosti lidských sídel (CS) a dále od lidských sídel (FS) podle preferovaného loveckého stanoviště a jejich statistická průkaznost. Netopýři přirozených i synantropních habitatů – neprůkazné (not significant).

Podrobné výsledky statistické analýzy jednotlivých skupin netopýrů jsou uvedeny v tab. 8.2 (kap. přílohy).

### Diskuse:

Dle předpokladů by skupina netopýrů přirozených habitatů měla vykazovat vyšší aktivitu v oblastech dále od lidských sídel. Naopak skupina druhů synantropních habitatů by měla vykazovat vyšší aktivitu v oblastech blízkých lidským sídlům. Tyto poznatky se shodují i s výsledky této práce (i když statisticky neprůkazné).

Tyto závěry lze podpořit i prací Kovaříková (2016), kde skupina netopýrů přírodních habitatů měla vyšší aktivitu v oblastech blíže k lidským sídlům (avšak statisticky neprůkazné). Naopak skupina druhů antropogenních stanovišť vykazovala vyšší aktivitu v blízkosti lidských sídel se statistickou průkazností.

## 5.7 Lovecká aktivita jednotlivých druhů netopýrů během noci

### Výsledky:

Jak ukazuje obr. 12a, tak některé druhy zde vykazují bimodální vrchol aktivity. Jedná se hlavně o druh *M. nattereri* a v menší míře také *P. auritus/austriacus* a *M. myotis*.

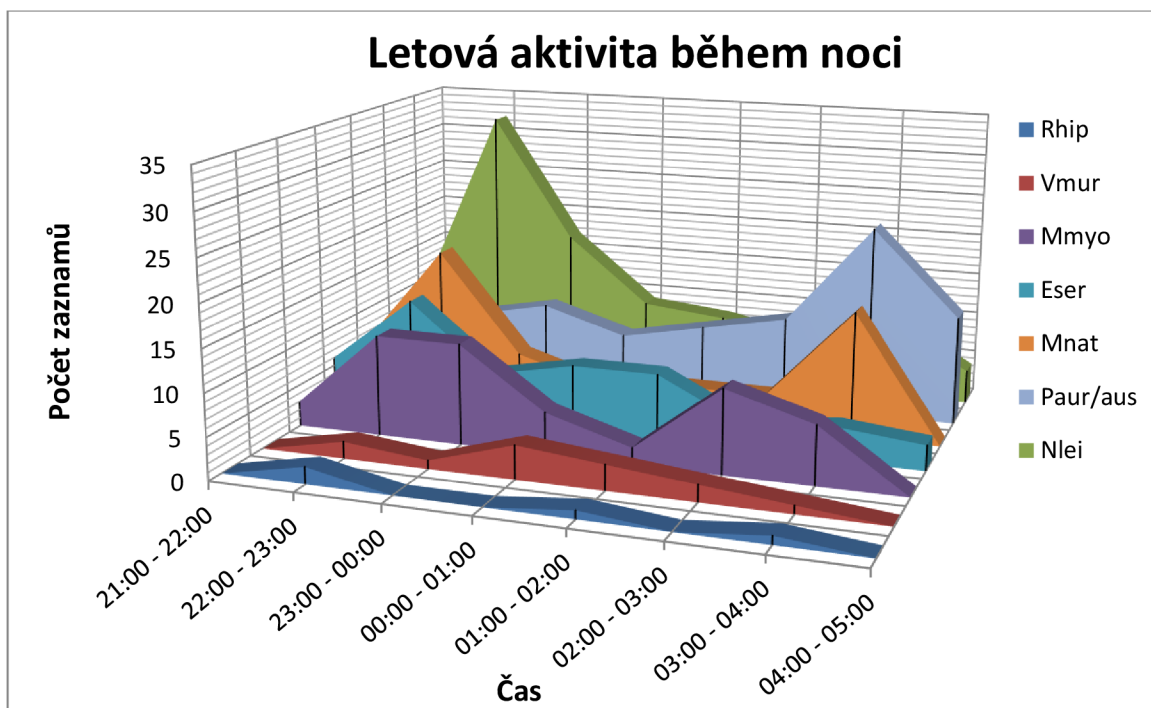
Nejlépe viditelnou bimodální aktivitu lze pozorovat u druhu *M. nattereri*, kde první vrchol aktivity lze pozorovat déle po západu slunce (mezi 22. – 23. hodinou) a druhý vrchol mezi 03. – 04. hodinou ranní.

Podobnou aktivitu lze zaznamenat u *P. auritus/austriacus*, kdy první vrchol (ne již tak zřetelný) lze pozorovat mezi 23. – 00. hodinou a druhý mezi 03. – 04. hodinou ranní.

U druhu *M. myotis* již první vrchol aktivity není tak zřetelný. První nejvyšší aktivitu vykazuje v rozmezí 22. – 00. hodiny a druhý, již zřetelnější vrchol mezi 02. – 03. hodinou ranní.

Druh *E. serotinus* a *N. leisleri* již vykazuje pouhý jeden vrchol aktivity mezi 22. – 23. hodinou.

Ostatní druhy (*V. murinus* a *R. hipposideros*) vykazují velmi nízkou aktivitu a nelze tak u nich klasifikovat letovou aktivitu během noci.



Obr. 12a Letová aktivita během noci pro druh *R. hipposideros* (Rhip), *V. murinus* (Vmur), *M. myotis* (Mmyo), *E. serotinus* (Eser), *M. nattereri* (Mnat), *P. auritus/austriacus* (Paur/aus) a *N. leisleri* (Nlei).

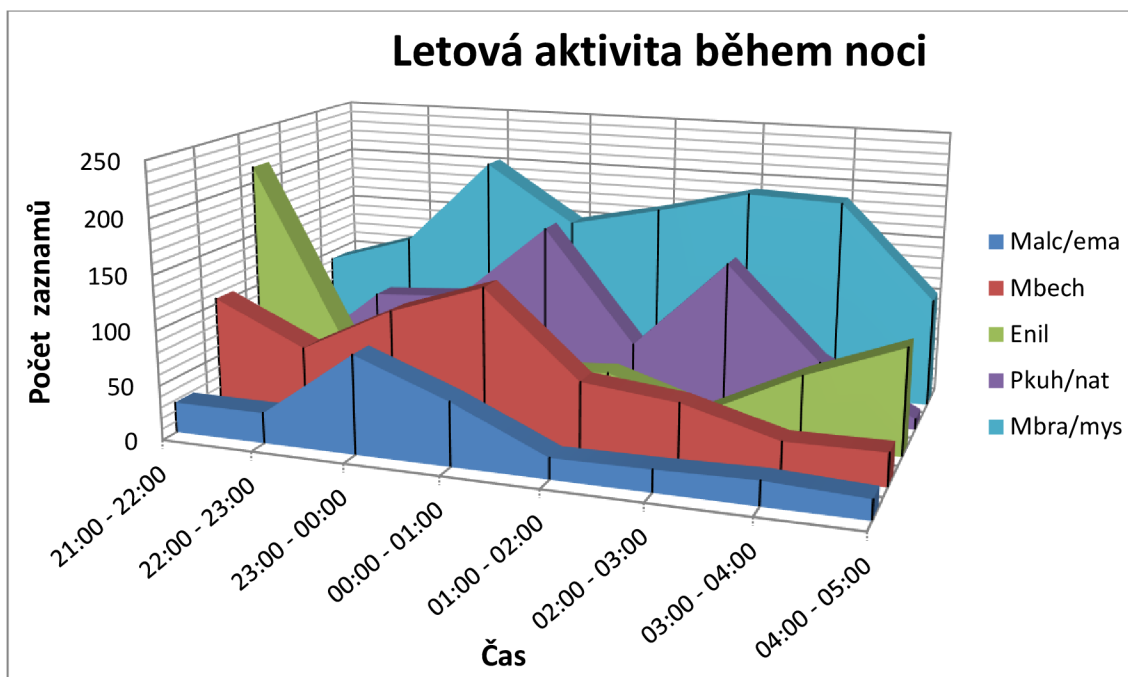
Dle obr. 12b druh *E. nilssonii* vykazuje typickou bimodální aktivitu, kdy první vrchol je po západu slunce a druhý vrchol před jeho východem.

*M. brandtii/mystacinus* má vrchol aktivity mezi 23. – 00. hodinou. Po zbytek noci vykazuje i tak vysokou aktivitu se zřetelným poklesem před východem slunce.

*P. kuhlii/nathusii* vykazuje vrcholy aktivity mezi 00. – 01. hodinou a mezi 02. – 03. hodinou ráno.

Druh *M. bechsteinii* vykazuje vyšší aktivitu po západu slunce a další zřetelný vrchol aktivity má mezi 00. – 01. hodinou, kdy po tomto vrcholu vykazuje snižující se aktivitu na lokalitách.

*M. alcaethoe/emarginatus* vykazuje pouhý jeden vrchol aktivity mezi 23. – 00. hodinou a po zbytek noci vykazuje i tak vysokou aktivitu se zřetelným poklesem před východem slunce.

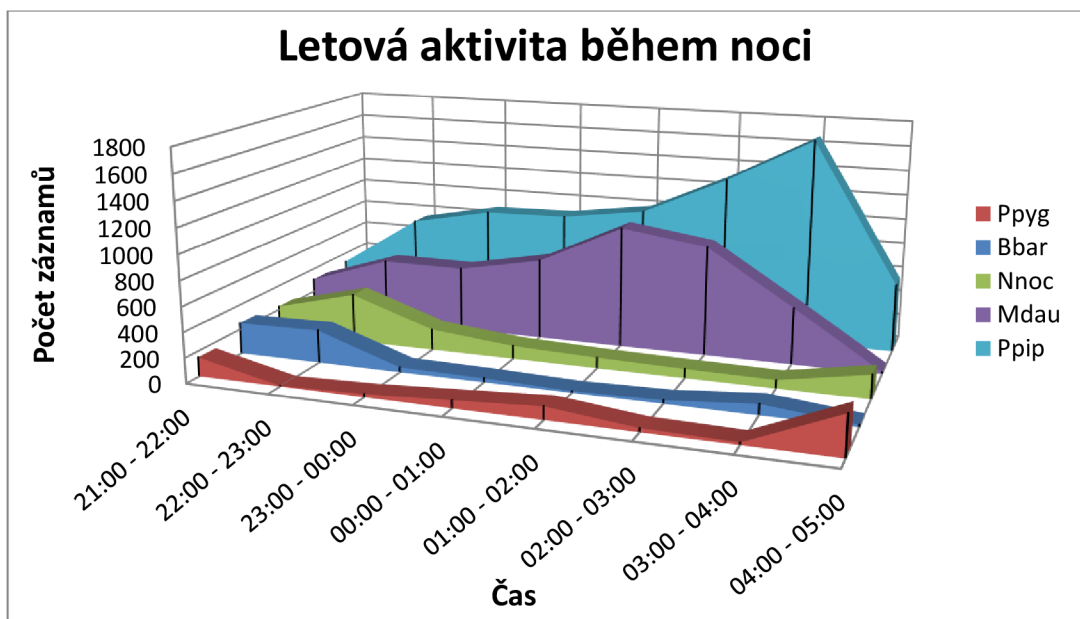


Obr. 12b Letová aktivita během noci u druhu *M. alcatheo/emarginatus* (Malc/ema), *M. bechsteinii* (Mbech), *E. nilssonii* (Enil), *P. kuhlii/nathusii* (Pkuh/nat) a *M. brandtii/mystacinus* (Mbra/mys).

Dle obr. 12c u druhu *M. daubentonii* vzrůstá jeho aktivita od západu slunce s nejvyšší aktivitou mezi 01. – 02. hodinou a poté má opět snižující se charakter.

*N. noctula* má nejvyšší aktivitu mezi 22. – 23. hodinou. Poté jeho aktivita zase klesá a opět se zvyšuje před východem slunce.

Dva sympatrické druhy (*P. pipistrellus* a *P. pygmaeus*) vykazují odlišný vzor své aktivity. U druhu *P. pipistrellus* se aktivita postupně zvyšuje a vrchol své aktivity má mezi 03. – 04. hodinou. Po tomto vrcholu nastává silné snížení jeho aktivity ve zkoumaných oblastech. Naproti tomu druh *P. pygmaeus* vykazuje svůj vrchol aktivity hned po západu slunce a druhý vrchol před východem slunce.



Obr. 12c Letová aktivita během noci u druhu *P. pygmaeus* (Ppyg), *B. barbastellus* (Bbar), *N. noctula* (Nnoc), *M. daubentonii* (Mdau) a *P. pipistrellus* (Ppip)

#### Diskuse:

Existuje mnoho druhů netopýrů, kteří vykazují bimodální aktivitu během noci, kdy z větší části využívají času po soumraku a před úsvitem, kdy bývá hmyz nejhojnější (Rydell *et al.* 1996, Celuch & Kropil 2008). V této práci typickou bimodální aktivitu se zřetelnými dvěma vrcholy při setmění a při východu slunce vykazuje druh *E. nilssonii* a *P. pygmaeus*.

Druh *P. kuhlii/nathusii*, *M. bechsteini*, *N. noctula*, *M. myotis*, *M. nattereri*, *P. auritus/austriacus* také vykazují dva vrcholy během noci (ve větší či menší míře), avšak jejich vrcholy neodpovídají nejvyšší aktivitě hmyzu buď při setmění (*N. noctula*), v ranních hodinách (*M. bechsteini*) nebo v obou případech (*P. kuhlii/nathusii*, *M. myotis*, *M. nattereri*, *P. auritus/austriacus*). Podobný výsledek pro *Nyctalus* spp. uvedli v práci Perks & Goodenough (2020), kde jeho vrcholy aktivity během noci byly zcela náhodné. K tomuto závěru také přispívají výsledky v práci Hayes (1997), kde v některých případech se může vyskytovat více vrcholů, které nejsou spjaté s největší potravní nabídkou.

Naproti tomu *E. serotinus*, *B. barbastellus* a *N. leisleri* vykazují pouhý jeden vrchol aktivity při setmění. K tomuto výsledku také dospěl v práci Brooks (2009), kde také nebyl pozorován druhý vrchol aktivity před východem slunce. Dle autora by to mohlo souviset se změnami v hojnosti kořisti, meteorologickými podmínkami, sociálními faktory nebo energetickými potřebami. K podobnému zjištění dospěli také Bartonička & Řehák (2004), kde by absenci ranního vrcholu mohla vysvětlit velká dostupnost hmyzu při západu slunce, která sníží potřebu lovu před jeho východem. Tento závěr by také mohly podpořit výsledky v práci Catto *et al.* (1995), kde druh *P. pipistrellus* vykazoval unimodální vzorec během gravidity a bimodální během laktace. V určité míře tedy záleží i na období, ve kterém se výzkum provádí.

Další dvojice druhů *M. alcaethoe/emarginatus* vykazuje také jeden vrchol aktivity, avšak v jiný čas než při největší potravní nabídce.

Rydell *et al.* (1996) poukazují na to, že některé druhy, které se živí například můrami, mohou lovit více či méně po celou noc. V tomto případě tedy záleží hlavně na potravní

specializaci konkrétního druhu a dalších faktorech, které určují letovou aktivitu během noci a nemusel by tak daný druh vykazovat bimodiální typ aktivity a ani jeden výrazný vrchol v jejich lovecké aktivitě. Tuto aktivitu během noci v práci vykazují *M. brandtii/mystacinus*, *P. pipistrellus* a *M. daubentonii*, kdy je jejich aktivita vysoká po celou noc s více či méně zřetelným vrcholem aktivity.

Zbývající druh *R. hipposideros* a *V. murinus* nelze kvůli nízkému počtu záznamů vyhodnotit.

## 6 ZÁVĚR

- V terénu z 18 lokalit bylo pořízeno 22038 echolokačních záznamů (18120 nahrávek přiřazeno ke konkrétnímu druhu či dvojici druhů a 3918 záznamů bylo přiřazeno ke skupině druhů)
- Bylo prokázáno 14 druhů a 4 dvojice druhů z čeledi *Vespertilionidae* a *Rhinolophidae*
- Celkově bylo více záznamů pořízeno na lokalitách u lidských sídel (zprůměrováno na 1 den monitoringu)
- Lidským sídlům se spíše vyhýbaly druhy *B. barbastellus*, *P. kuhlii/nathusii*, *M. myotis*, *P. pygmaeus*, *M. bechsteinii*, *M. brandtii/mystacinus*, *E. nilssonii* a *P. auritus/austriacus*. Naproti tomu druhy *P. pipistrellus*, *M. alcatheae/emarginatus* a *E. serotinus* vykazovaly vyšší zastoupení v oblastech u lidských sídel (výsledky však statisticky neprůkazné).
- Vyšší aktivita sběračů z povrchů (gleaners) byla dále od lidských sídel. Vzdušní lovci (aerial hawkers) vykazovali vyšší aktivitu blíže k lidským sídlům (výsledky však statisticky neprůkazné).
- Vyšší aktivita netopýrů s úzkými křídly byla zaznamenána v oblastech u lidských sídel. Netopýři se širokými křídly v oblastech dále od lidských sídel (statisticky neprůkazné).
- Druhy umělých úkrytů vykazovaly vyšší aktivitu u lidských sídel a druhy přirozených úkrytů dále od lidských sídel (statisticky neprůkazné).
- Druhy, které preferují přirozené habitaty, vykazovaly vyšší aktivitu v oblastech dále od lidských sídel. Naproti tomu druhy, které preferují synantropní habitaty, vykazovaly vyšší aktivitu v blízkosti lidských sídel (statisticky neprůkazné).
- Lovecká aktivita během noci u některých druhů vykazovala bimodální typ aktivity s vrcholy při západu a východu slunce (*E. nilssonii*, *P. pygmaeus*). Další druhy vykazovaly druhově specifické vzorce.



## 7 SEZNAM LITERATURY

ABBOTT I. M., BUTLER F. & HARRISON S. 2012: When flyways meet highways-The relative permeability of different motorway crossing sites to functionally diverse bat species. *Landscape and Urban Planning* **106** (4): 293-302.

ADAMS M. D., LAW B. S. & FRENCH K. O. 2009: Vegetation structure influences the vertical stratification of open-and edge-space aerial-foraging bats in harvested forests. *Forest Ecology and Management* **258** (9): 2090-2100.

AHLÉN I. 2004: Heterodyne and time-expansion methods for identification of bats in the field and through sound analysis. *Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis*: 72-79.

ALLEGRI C., KORINE C. & KRASNOV B. R. 2022: Insectivorous Bats in Eastern Mediterranean Planted Pine Forests – Effects of Forest Structure on Foraging Activity, Diversity, and Implications for Management Practices. *Forests* **13** (9): 1-15.

ANDĚRA M. 2014: Naši netopýři. Průhonice: *Správa jeskyní České republiky*, 168 pp.

ANDĚRA M. & GAISLER J. 2012: Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana. Praha: *Academia*, 285pp.

ANDĚRA M. & SOVÁK J. 2018: Atlas fauny České republiky. Praha: *Academia*, 664pp.

ARLETTAZ R., JONES G. & RACEY P. A. 2001: Effect of acoustic clutter on prey detection by bats. *Nature* **414**: 742-745.

AULAGNIER S., HAFFNER P., MITCHELL-JONES A. J., MOUTOU F. & ZIMA J. 2009: Mammals of Europe, North Africa and the Middle East. London: *A & C Black*, 272 pp.

AVILA-FLORES R. & FENTON M. B. 2005: Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy* **86** (6): 1193-1204.

BADER E., JUNG K., KALKO E. K. V., PAGE R. A., RODRIGUEZ R. & SATTTLER T. 2015: Mobility explains the response of aerial insectivorous bats to anthropogenic habitat change in the Neotropics. *Biological Conservation* **186**: 97-106.

BARTONIČKA T. & ŘEHÁK Z. 2004: Flight activity and habitat use of *Pipistrellus pygmaeus* in a floodplain forest. *Mammalia* **68** (4): 365-375.

BARTONIČKA T. & ZUKAL J. 2003: Flight activity and habitat use of four bat species in a small town revealed by bat detectors. *Folia Zoologica*, **52** (2): 155-166.

BATTERSBY J. (comp.) 2010: Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats. Bon, Germany: *EUROBATS*, Publication Series No. 5. 95 pp.

BIHARI Z. 2004: The roost preference of *Nyctalus noctula* (Chiroptera, Vespertilionidae) in summer and the ecological background of their urbanization. *Mammalia* **68** (4): 329-336.

BORDER J. A., NEWSON S. E., WHITE D. C. J. & GILLINGS S. 2017: Predicting the likely impact of urbanisation on bat populations using citizen science data, a case study for Norfolk, UK. *Landscape and Urban Planning* **162**: 44-55.

BRINKLØV S. M. M., JAKOBSEN L. & MILLER L. A. 2022: Echolocation in Bats, Odontocetes, Birds, and Insectivores. pp. 419-457. In: ERBE C. & THOMAS J. A. (eds.): Exploring Animal Behavior Through Sound Exploring Animal Behavior Through Sound: *Springer*. Volume 1. 506 pp.

BROOKS R. T. 2009: Habitat-associated and temporal patterns of bat activity in a diverse forest landscape of southern New England, USA. *Biodiversity and Conservation* **18**: 529-545.

CARVALHO F., FABIÁN M. E. & MENEGHETTI J. O. 2013: Vertical structure of an assemblage of bats (Mammalia: Chiroptera) in a fragment of Atlantic Forest in Southern Brazil. *Zoologia* **30** (5): 491-498.

CATTO C. M. C., RACEY P. A. & STEPHENSON P. J. 1995. Activity patterns of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) at a roost in southern England. *Journal of Zoology* **235** (4): 635-644.

CEL'UCH M. 2006: Lovné habitaty a aktivita lesných netopierov (Chiroptera). Lesnícká fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, dizertačná práca, 137 pp.

CEL'UCH M. & KAŇUCH P. 2004a: Foraging and flight activity of bats in beech-oak forests (Western Carpathians). *Folia Oecologica* **31** (1): 8-16.

CEL'UCH M. & KAŇUCH P. 2004b: K významu lesa ako lovného habitatu netopierov – aktivita v korunovej etáži. *Vespertilio* **8**: 55-61.

CEL'UCH M. & KROPIL R. 2008: Bats in a Carpathian beech-oak forest (Central Europe): habitat use, foraging assemblages and activity patterns. *Folia Zoologica* **57** (4): 358-372.

CEPÁKOVÁ E. & HORT L. 2013: Netopýři v lesích: doporučení pro lesnickou praxi. Praha: *Česká společnost pro ochranu netopýřů*, 54 pp.

CIECHANOWSKI M. 2015: Habitat preferences of bats in anthropogenically altered, mosaic landscapes of northern Poland. *European Journal of Wildlife Research* **61** (3): 415-428.

DANKO Š., PJENČÁK P., MATIS Š., KAŇUCH P., CEL'UCH M., KRÍŠTÍN A. & UHRIN M. 2007: Netopiere lesných biotopov Slovenska. *Vespertilio* **11**: 25-46.

DENZINGER A. & SCHNITZLER H. U. 2013: Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Frontiers in physiology* **4** (164): 1-15.

- DIETZ CH., HELVERSEN O. & NILL D. 2007: Bats of Britian, Europe and Nortwest Africa. London: *A & C Black*, 400 pp.
- DOWNS N. C. & RACEY P. A. 2006: The use by bats of habitat features in mixed farmland in Scotland. *Acta chiropterologica* **8** (1): 169-185.
- DUVERGÉ P. L., JONES G., RYDELL J. & RANSOME R. D. 2000: Functional significance of emergence timing in bats. *Ecography* **23**: 32-40.
- FENG L., QIN H., LI J., LI X., FENG J. & JIANG T. 2022: Extrinsic and intrinsic factors influencing the emergence and return of the Asian particolored bat *Vespertilio sinensis* to the summer roost. *Ecology and Evolution* **12** (5)
- FENTON M. B., AUDET D., OBRIST M. K. & RYDELL J. 1995: Signal strength, timing, and self-deafening: the evolution of echolocation in bats. *Paleobiology* **21** (2): 229-242.
- FENTON M. B. & BOGDANOWICZ W. 2002: Relationships between external morfology and foraging behaviour: bats in the genus *Myotis*. *Canadian Journal of Zoology*. **80**: 1004-1013.
- FREY-EHRENBOLD A., BONTADINA F., ARLETTAZ R. & OBRIST M. K. 2013: Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. *Journal of Applied Ecology* **50** (1): 252-261.
- FROIDEVAUX J. S. P., ZELLWEGER F., BOLLMANN K., JONES G. & OBRIST M. K. 2016: From field surveys to LiDAR: Shining a light on how bats respond to forest structure. *Remote Sensing of Environment* **175**: 242-250.
- FROIDEVAUX J. S. P., ZELLWEGER F., BOLLMANN K. & OBRIST M. K. 2014: Optimizing passive acoustic sampling of bats in forests. *Ecology and Evolution* **4** (24): 4690-4700.
- FUENTES-MONTEMAYOR E., GOULSON D., CAVIN L., WALLACE J. M. & PARK K. J. 2013: Fragmented woodlands in agricultural landscapes: The influence of woodland character and landscape context on bats and their insect prey. *Agriculture, ecosystems & environment* **172**: 6-15.
- GAISLER J., ZUKAL J., ŘEHÁK Z. & HOMOLKA M. 1998: Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology* **244**: 439-445.
- GRACLIK A. & WASIELEWSKI O. 2012: Diet composition of *Myotis myotis* (Chiroptera, Vespertilionidae) in western Poland: results of fecal analyses. *Turkish Journal of Zoology* **36** (2): 209-213.
- HANÁK V., NECKÁŘOVÁ J., BENDA P., HANZAL V., ANDĚRA M., HORÁČEK I., JAHELKOVÁ H., ZIEGLEROVÁ A. & ZIEGLEROVÁ D. 2009: Fauna netopýrů Prahy: přehled nálezů a poznámky k urbánním populacím netopýrů. *Natura Pragensis* **19**: 3-89.
- HAYES J. P. 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy* **78** (2): 514-524.

JANTZEN M. K. & FENTON M. B. 2013: The depth of edge influence among insectivorous bats at forest–field interfaces. *Canadian Journal of Zoology* **91** (5): 287-292.

JONES G. 1999: Scaling of echolocation call parameters in bats. *Journal of Experimental Biology* **202**: 3359-3367.

JONES G. & RYDELL J. 1994: Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* **346** (1318): 445-455.

JONES G. & TEELING E. C. 2006: The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology and Evolution* **21** (3): 149-156.

JUNG K., KAISER S., BÖHM S., NIESCHULZE J. & KALKO E. K. 2012: Moving in three dimensions: effects of structural complexity on occurrence and activity of insectivorous bats in managed forest stands. *Journal of Applied Ecology* **49** (2): 523-531.

KOVAŘÍKOVÁ K. 2016: Flight activity of bats in habitats with different representation of human settlements. Faculty of Tropical AgriSciences, Czech University of Life Sciences Prague, Master's thesis, 93 pp.

LACKI M. J., AMELON S. K. & BAKER M. D. 2007: Foraging ecology of bats in forests. pp. 83-128. In: LACKI M. J., HAYES J. P. & KURTA A. (eds.): *Bats in forests: Conservation and Management*. Baltimore, Maryland: *Johns Hopkins University Press*. 329 pp.

LEHOTSKÁ B. 2015: Occurrence of Bats in Housing Estates, their Threat and Conservation Measures. *Životné prostredie* **49** (2): 106-110.

LESINSKI G., FUSZARA E. & KOWALSKI M. 2000: Foraging areas and relative density of bats (Chiroptera) in differently human transformed landscapes. *Zeitschrift für Säugetierkunde* **65** (3): 129-137.

LINTOTT P. R., BARLOW K., BUNNEFELD N., BRIGGS P., GAJAS ROIG C. & PARK K. J. 2016: Differential responses of cryptic bat species to the urban landscape. *Ecology and Evolution* **6** (7): 2044-2052.

LINTOTT P. R., BUNNEFELD N., MINDERMAN J., FUENTES-MONTEMAYOR E., MAYHEW R. J., OLLEY L. & PARK K. J. 2015: Differential Responses to Woodland Character and Landscape Context by Cryptic Bats in Urban Environments. *PLoS ONE* **10** (5): 1-14.

LUČAN R. K., HANÁK V. & HORÁČEK I. 2009: Long-term re-use of tree roosts by European forest bats. *Forest ecology and management* **258** (7): 1301-1306.

LUSZCZ T. M. J. & BARCLAY R. M. R. 2016: Influence of forest composition and age on habitat use by bats in southwestern British Columbia. *Canadian Journal of Zoology* **94** (2): 145-153.

MESCHEDE A. 2004: Netopýři v lesním prostředí: Informace a doporučení pro správce lesů. Praha: *Ministerstvo životního prostředí a AOPK ČR*, 20 pp.

MILLER B. W. 2001: A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta chiropterologica* **3** (1): 93-105.

MÜLLER J., BRANDL R., BUCHNER J., PRETZSCH H., SEIFERT S., STRÄTZ C., VEITH M. & FENTON B. 2013: From ground to above canopy-Bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. *Forest Ecology and Management* **306**: 179-184.

NORBERG U. M. & RAYNER J. M. 1987: Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **316**: 335-427.

NÚÑEZ S. F., LÓPEZ-BAUCELLS A., ROCHA R., FARNEDA F. Z., DOBROWIEC P. E. D., PALMEIRIM J. M. & MEYER C. F. J. 2019: Echolocation and Stratum Preference: Key Trait Correlates of Vulnerability of Insectivorous Bats to Tropical Forest Fragmentation. *Frontiers in Ecology and Evolution* **7** (373)

O'KEEFE J. M., LOEB S. C., HILL JR. H. S. & LANHAM J. D. 2014: Quantifying clutter: a comparison of four methods and their relationship to bat detection. *Forest Ecology and Management* **322**: 1-9.

PERKS S. J. & GOODENOUGH A. E. 2020. Abiotic and spatiotemporal factors affect activity of European bat species and have implications for detectability for acoustic surveys. *Wildlife Biology* **2020** (2): 1-8.

PLANK M., FIEDLER K. & REITER G. 2012: Use of forest strata by bats in temperate forests. *Journal of Zoology* **286** (2): 154-162.

REITER A., BARTONIČKA T., LUČAN R. K. & ŘEHÁK Z. 2010: New records of *Hypsugo savii* in the Czech Republic. *Vespertilio* **13-14**: 121-125.

REITER A., BENDA P. & HOTOVÝ J. 2007: First record of the Kuhl's pipistrelle, *Pipistrellus kuhlii* (Kuhl, 1817), in the Czech Republic. *Lynx* **38**: 47-54.

RODHOUSE T. J., VIERLING K. T. & IRVINE K. M. 2011: A practical sampling design for acoustic surveys of bats. *The Journal of Wildlife Management* **75** (5): 1094-1102.

RUCZYŃSKI I., NICHOLLS B., MACLEOD C. D. & RACEY P. A. 2010: Selection of roosting habitats by *Nyctalus noctula* and *Nyctalus leisleri* in Białowieża Forest-adaptive response to forest management?. *Forest Ecology and Management* **259** (8): 1633-1641.

RUCZYŃSKI I., ZAHOROWICZ P., BOROWIK T., & HAŁAT Z. 2017: Activity patterns of two syntopic and closely related aerial-hawking bat species during breeding season in Białowieża Primateval Forest. *Mammal Research* **62**: 65-73.

RUDOLPH B. U., LIEGL A. & VON HELVERSEN O. 2009: Habitat selection and activity patterns in the greater mouse-eared bat *Myotis myotis*. *Acta Chiropterologica* **11** (2): 351-361.

RUSSO D., JONES G. & ARLETTAZ R. 2007: Echolocation and passive listening by foraging mouse-eared bats *Myotis myotis* and *M. blythii*. *Journal of Experimental Biology* **210** (1): 166-176.

RUSSO D. & VOIGT C. C. 2016: The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis. *Ecological Indicators* **66**: 598-602.

RYDELL J., ENTWISTLE A. & RACEY P. A. 1996: Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos* **76**: 243-252.

RYDELL J., NYMAN S., EKLÖF J., JONES G. & RUSSO D. 2017: Testing the performances of automated identification of bat echolocation calls: A request for prudence. *Ecological indicators* **78**: 416-420.

SALVI R. & PARMAR S. 2022: Micro chiropteran Bats: Diversity and roosting sites in Girwa Tehsil of Udaipur District of Rajasthan (India). *International Journal of Fauna and Biological Studies* **9** (4): 39-43.

SATTLER T. 2009: Biodiversity in urban landscape matrices: from species richness to functional community structure. Filosofická a přírodovědecká fakulta v Bernu, disertační práce, 296pp.

SCHNITZLER H-U. & KALKO E. K. 2001: Echolocation by insect-eating bats: we define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. *Bioscience* **51** (7): 557-569.

SCHNITZLER H-U., MOSS C. F. & DENZINGER A. 2003: From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology & Evolution* **18** (8): 386-394.

STATSOFT. 2001. Statistica for Windows (Computer program manual). Tulsa, USA: StatSoft, Inc.

SURLYKKE A. & KALKO E. K. V. 2008: Echolocating Bats Cry out loud to Detect Their Prey. *PLoS ONE* **3** (4): 1-10.

TODD V. L. G. & WATERS D. A. 2007: Strategy – switching in the gaffing bat. *Journal of Zoology* **273** (1): 106-113.

VOIGT C. C. & LEWANZIK D. 2011: Trapped in the darkness of the night: thermal and energetic constraints of daylight flight in bats. *The Royal Society* **278** (1716): 2311-2317.

VOIGT C. C., PHELPS K. L., AGUIRRE L. F., SCHOEMAN M. C., VANITHARANI J. & ZUBAID A. 2007: Bats and Buildings: The Conservation of Synanthropic Bats. pp. 427-462. In: VOIGT C. C.

& KINGSTON T. (eds.): Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world. Berlin: *Springer*. 606 pp.

ZAHN A., ROTTENWALLNER A. & GÜTTINGER R. 2006: Population density of the greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*), local diet composition and availability of foraging habitats. *Journal of Zoology* **269**: 486-493.

Internetové zdroje:

Možné úkryty netopýrů v budovách, 2022. In: Bat Conservation Ireland [online]. Dublin [cit. 10. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.batconservationireland.org/irish-bats/bat-roosts/bats-buildings>

## 8 PŘÍLOHY



Foto 1. Lokalita 2: Trubějov; daleko od lidských sídel (FS)



Foto 2. Lokalita 3: Olešnice; v blízkosti lidských sídel (CS)





Foto 3. Lokalita 6: Slatina nad Úpou; daleko od lidských sídel (FS)

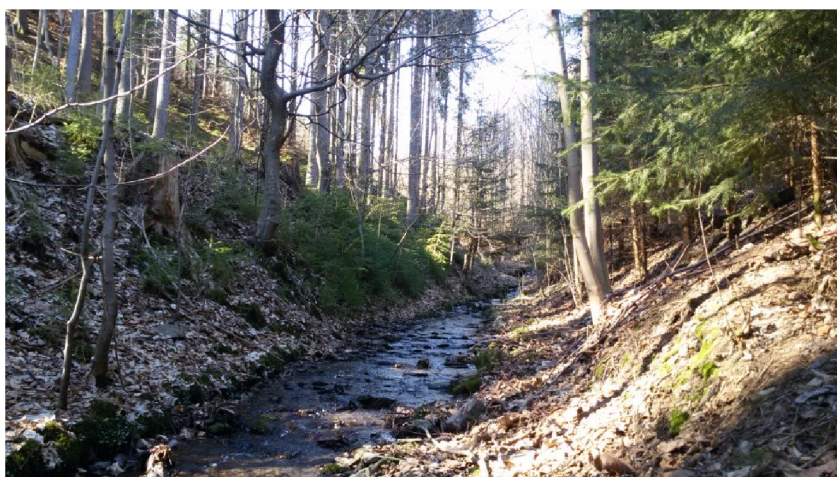


Foto 4. Lokalita 8: NP Peklo; v blízkosti lidských sídel (CS)

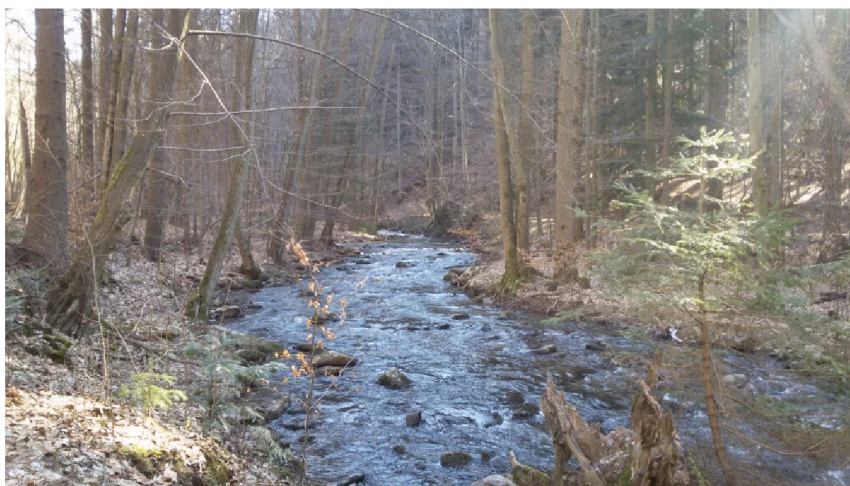


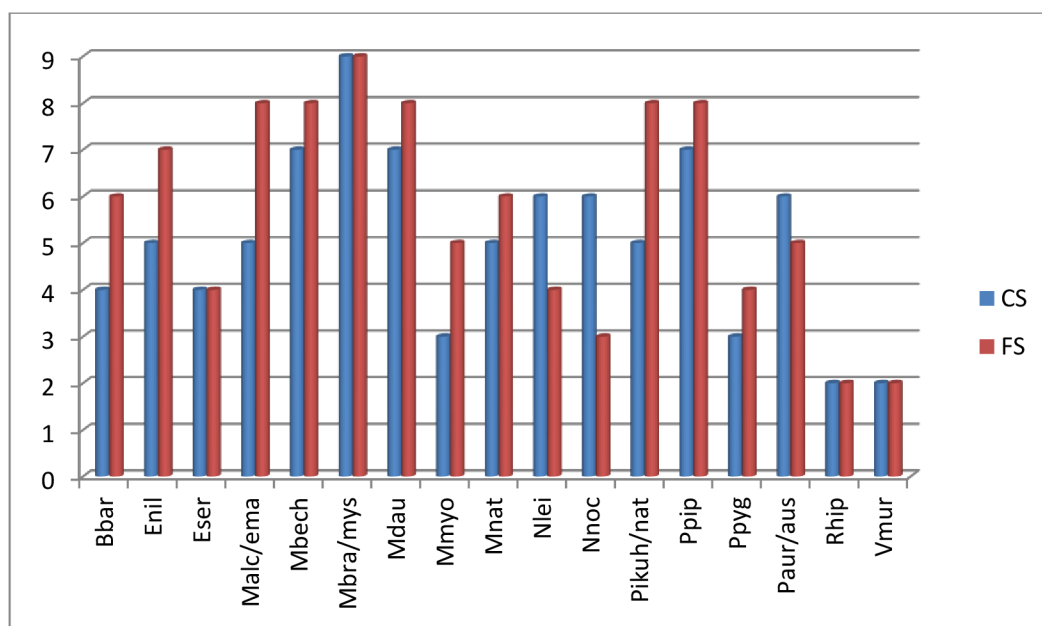
Foto 5. Lokalita 9: NP Peklo; daleko od lidských sídel (FS)



Foto 6. Lokalita 13: Jívka; v blízkosti lidských sídel (CS)



Foto 7. Lokalita 14: Jívka; daleko od lidských sídel (FS)



Obr. 8.1. Prezence jednotlivých druhů netopýrů na lokalitách CS a FS

Tab. 8.1. Počty jednotlivých druhů netopýrů v lokalitách blízko lidských sídel (CS) a daleko od lidských sídel (FS).

Pozn: Uváděné hodnoty již zprůměrovány na jeden den monitoringu.

Druh	Lokalita	
	CS	FS
<i>B. barbastellus</i>	9,41	143,97
<i>E. nilssonii</i>	55,82	129,24
<i>E. serotinus</i>	9,35	4,72
<i>M. alcaethoe/emarginatus</i>	50,53	15,94
<i>M. bechsteinii</i>	32,59	146,15
<i>M. brandtii/mystacinus</i>	95,68	245,79
<i>M. daubentonii</i>	609,75	548,18
<i>M. myotis</i>	1,97	11,82
<i>M. nattereri</i>	8,3	6,23
<i>N. leisleri</i>	8,98	24,26
<i>N. noctula</i>	226,52	181,17
<i>P. kuhlii/nathusii</i>	14,73	178,71
<i>P. pipistrellus</i>	1682,85	341,74
<i>P. pygmaeus</i>	25,15	148,83
<i>P. auritus/austriacus</i>	8,13	14,83
<i>R. hipposideros</i>	0,5	0,25
<i>V. murinus</i>	1,58	3

Tab. 8.2. Detailní výsledky Mann-Whitney U testu pro jednotlivé skupiny netopýrů

	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
gleaners	71,00000	100,0000	26,00000	-1,28038	0,200412	-1,28370	0,199249	9	9	0,222419
hawkers	80,00000	91,00000	35,00000	-0,485662	0,627207	-0,485662	0,627207	9	9	0,666475
široká křídla	67,00000	104,0000	22,00000	-1,63359	0,102346	-1,63359	0,102346	9	9	0,113492
úzká křídla	84,50000	86,50000	39,50000	-0,088302	0,929637	-0,088393	0,929564	9	9	0,931427
přirozené úkryty	77,00000	94,00000	32,00000	-0,750568	0,452913	-0,750568	0,452913	9	9	0,489428
synantropní úkryty	82,00000	89,00000	37,00000	-0,309058	0,757278	-0,309058	0,757278	9	9	0,796174
přírodní habitat	67,00000	104,0000	22,00000	-1,63359	0,102346	-1,63359	0,102346	9	9	0,113492
synantropní habitat	80,50000	90,50000	35,50000	-0,441511	0,658844	-0,441967	0,658513	9	9	0,666475

Tab. 8.3. Detailní počty záznamů jednotlivých druhů netopýrů zaznamenané v hodinových intervalech

Druh	Čas							
	21. - 22.	22. - 23.	23. - 00.	00. - 01.	01. - 02.	02. - 03.	03. - 04.	04. - 05.
<i>B. barbastellus</i>	252	263	40	32	14	28	85	19
<i>E. nilssonii</i>	215	55	32	42	48	21	64	98
<i>E. serotinus</i>	6	14	6	8	8	3	4	3
<i>M. alcaethoe/emarginatus</i>	28	28	90	58	19	20	22	18
<i>M. bechsteinii</i>	105	66	109	138	62	53	29	30
<i>M. brandtii/mystacinus</i>	92	119	203	149	168	190	187	101
<i>M. dabentonii</i>	308	529	526	657	982	886	459	15
<i>M. myotis</i>	3	12	12	5	2	10	7	0
<i>M. nattereri</i>	6	18	6	3	4	4	15	0
<i>N. leisleri</i>	9	32	17	9	8	6	10	4
<i>N. noctula</i>	227	392	170	106	86	74	67	190
<i>P. kuhlii/nathusii</i>	11	80	86	159	54	139	54	10
<i>P. pipistrellus</i>	323	751	882	898	994	1308	1670	552
<i>P. pygmaeus</i>	152	6	24	62	102	31	19	314
<i>P. auritus/austriacus</i>	6	8	10	7	9	11	23	13
<i>R. hipposideros</i>	0	2	0	0	1	0	1	0
<i>V. murinus</i>	0	2	1	4	3	2	1	0

Tab. 8.4. Vědecké názvy zjištěných druhů netopýrů a jejich užívané zkratky.

Druh	
Vědecký název	Zkratka
<i>Barbastella barbastellus</i>	Bbar
<i>Eptesicus nilssonii</i>	Enil
<i>Eptesicus serotinus</i>	Eser
<i>Myotis alcaethoe/emarginatus</i>	Malc/ema
<i>Myotis bechsteinii</i>	Mbech
<i>Myotis brandtii/mystacinus</i>	Mbra/mys
<i>Myotis daubentonii</i>	Mdau
<i>Myotis myotis</i>	Mmyo
<i>Myotis nattereri</i>	Mnat
<i>Nyctalus leisleri</i>	Nlei
<i>Nyctalus noctula</i>	Nnoc
<i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	Pkuh/nat
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Ppip
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Ppyg
<i>Plecotus auritus/austriacus</i>	Paur/aus
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rhip
<i>Vespertilio murinus</i>	Vmur