

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta životního prostředí



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Fidelita a filopatrie u kulíka říčního (*Charadrius dubius*)  
v proměnlivých podmínkách zemědělské krajiny**

Fidelity and filopatry of the little ringed plover  
(*Charadrius dubius*) in varying conditions of arable land

**Diplomová práce**

Vedoucí práce: Mgr. Martin Sládeček, Ph.D.

Diplomant: Bc. Matěj Janoušek

2022

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Matěj Janoušek

Inženýrská ekologie  
Ochrana přírody

Název práce

**Fidelita a filopatrie u kulíka říčního (*Charadrius dubius*) v proměnlivých podmínkách zemědělské krajiny**

Název anglicky

**Fidelity and filopatry of the little ringed plover (*Charadrius dubius*) in varying conditions of arable land**

---

### Cíle práce

Cílem rešeršní části práce bude shrnutí dosavadních poznatků o hnízdní fidelitě a filopatrii u ptáků, se zvláštním důrazem na druhy hnízdící v silně proměnlivých habitatech.

Cílem praktické části práce bude popis obou charakteristik u dlouhodobě sledované populace kulíka říčního (*Charadrius dubius*) na orné půdě českobudějovické rybníční pánve.

### Metodika

- Na základě volně dostupných satelitních dat a znalosti habitatových nároků modelového druhu získaných v rámci studentovy bakalářské práce student zmapuje rozložení vhodného habitatu kulíka říčního v českobudějovické pánvi, a jeho změny v průběhu sezony a mezi sezonami 2016-2021.

- Na základě dat o pozicích hnízd individuálně značených jedinců kulíka říčního z dlouhodobě sledované populace v českobudějovické pánvi bude stanovena fidelita a filopatrie modelového druhu, a to formou pravděpodobnostního rozdělení vzdálenosti mezi předchozím a následujícím hnízdem (fidelita), či mezi rodným hnízdem a místem hnízdění v dalších letech.

- Všechny tyto charakteristiky budou spočítány s ohledem na dostupnost vhodného habitatu v okolí předchozího místa hnízdění.

- Dále bude statisticky testováno, zda lze s přihlédnutím k nabídce vhodného hnízdního habitatu vysledovat individuální preference.

---

**Doporučený rozsah práce**

40

**Klíčová slova**

fidelita, filopatrie, kulík říční, bahňáci, habitatové preference, orná půda, Sentinel-2

---

**Doporučené zdroje informací**

Cepáková E, Šálek M, Cepák J, Albrecht T (2007) Breeding of Little Ringed Plovers *Charadrius dubius* in farmland: do nests in fields suffer from predation? *Bird Study* 54:284–288.

<https://doi.org/10.1080/00063650709461487>

Vozabulová, E., Sládeček, M. & Šálek, M. Old habits in a new habitat: breeding requirements of the Little Ringed Plover fit into intensively managed arable land. *J Ornithol* 161, 399–408 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s10336-019-01738-8>

---

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Martin Sládeček, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

**Konzultant**

Eva Vozabulová

---

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2022

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 25. 2. 2022

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2022

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Fidelita a filopatrie u kulíka říčního (*Charadrius dubius*) v proměnlivých podmínkách zemědělské krajiny vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V Litvínově, dne 31. března 2022

Bc. Matěj Janoušek

---



## Poděkování

Velmi srdečně chci poděkovat mému vedoucímu této práce, Mgr. Martinu Sládečkovi, Ph.D., za velmi užitečné rady, poznámky, přátelství a ochotu se mnou pokračovat i po naší společné bakalářské práci. Jeho přístup ve vedení práce a všeho mimo něj byl nad rámec povinností vedoucího diplomové práce. Dále chci poděkovat Ing. Evě Vozabulové, od které stále používám část dat. Chci též poděkovat všem, kteří se účastnili terénních výzkumů a sběru dat, abych mohl tuto práci zpracovat.

Ze srdce chci poděkovat mé přítelkyni za ohromnou míru morální podpory a pochopení. Mým rodičům, bratrovi a prarodičům za to, jací jsou a jak mě podporují.

## Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřená na popsání fidelity a filopatrie druhu kulíka říčního (*Charadrius dubius*) v rámci vhodného hnízdního habitatu. Analyzované období je v rozmezí let 2016 - 2021 v průběhu hnízdní sezóny trvající od března do června. Celkově bylo analyzováno 56 meziročních přesunů. Z toho se u 50 jednalo o opakované zahnízdění (fidelita) a u 6 o zahnízdění se známým místem narození (filopatrie). Dále jsou v práci popsány proporce a dynamický vývoj hnízdního habitatu modelového druhu v zájmové oblasti Českokbudějovické pánve za využití dostupných satelitních dat. Využitá satelitní data pocházejí ze satelitu Sentinel - 2. Vhodný hnízdní habitat je rozdělený na celkovou vhodnou plochu, vhodnou plochu na orné půdě a míru vhodného hnízdního habitatu na rybnících.

V práci je nejprve popsána dynamika vývoje habitatu v zájmové oblasti. Za celé sledované období je pro modelový druh k dispozici průměrně 20,11 % z celého zájmového území. Z této proporce vhodného habitatu je poté 21,66 % na orné půdě a 10,4 % na vodní ploše. Pokles vhodného habitatu mezi měsíci je celkově 10,76 %. Úbytek vhodného hnízdního habitatu na orné půdě je v průměru 11,17 %. Pokles vhodného habitatu na vodních plochách činí průměrně 8,18 %. Z počtu 56 hnízd se nacházelo 86,34 % na orné půdě a 13,66 % na vodní ploše. Pokud samci zahnízdí na jiném místě, zahnízdí nejčastěji do vzdálenosti 2 000 m. Samice znovu nejčastěji zahnízdí do vzdálenosti 1 000 m.

V práci je statistickou analýzou prokázán vysledovatelný trend vyšší míry fidelity u samců modelového druhu. Samice vykazují větší disperzi v prostoru. Samci poté dále vykazují vyšší míru přesunu s ohledem na změnu lokality, není-li v místě původního hnízda vhodný habitat. Samci projevují trend k vyšší míře přemístění se na novou lokalitu, pokud nemají na původním místě vhodný habitat. U filopatrie je možné i z malého vzorku dat vysledovat trend, který souhlasí s platnými teoriemi ohledně filopatrie. Tudíž, že tyto jedinci hledají vhodný habitat v širším okruhu od svého rodiště.

Klíčová slova: fidelita, filopatrie, kulík říční, bahňáci, habitatové preference, orná půda, Sentinel-2

## Abstract

This diploma thesis is focused on describing fidelity and philopatry behaviour of the little ringed plover (*Charadrius dubius*) species in context of his suitable breeding habitat. Data are analysed for years 2016 - 2021 during breeding season lasting from March till June. In total there were 56 nests to analyse. 50 were for fidelity and 6 for philopatry. Further are described dynamics and proportions of breeding habitat in the zone of interest in České Budějovice basin belonging to the model species using remote sensing data. Data were acquired from Sentinel – 2 satellite platform. Suitable breeding habitat is further divided into total size of suitable habitat, portion of suitable habitat on arable land and portion of suitable habitat on ponds.

From the habitat analysis there can be described a progression of changes in breeding habitats of the model species. For whole period of breeding season there is 20,11 % on average parts of habitat which are suitable on the total scale of zone of interest. From this total proportion is then 21,66 % on average located on arable soil and 10,4 % on ponds. Decrease of total suitable habitat between months is 10,76 % on average. Decrease of suitable arable land is 11,17 % on average and on ponds it is 8,18 on average between months. From total count of 56 nests 86,64 % were on arable land and 13,66 % were on ponds. Males tends to build new nest up to 2 000 m from the old one. Females tends to build new nest up to 1 000 m.

Then there was proven traceable trend in male fidelity among analysed population through statistical analysis. Females show greater dispersion tendencies than males. Males also show certain tendency to find a new spot for nest if the past spot is no longer suitable for them. In the case of philopatry even with few data there can be also traceable certain trend for longer distances travelled within habitat for search of the spot for their first nest in the wider location of their birth.

Key words: fidelity, philopatry, little ringed plover, habitat preferences, arable land, Sentinel - 2

# Obsah

1. Úvod .....	1
1.1. Fidelita a filopatrie .....	2
1.1.1. Mechanismy a evoluce fidity .....	4
1.2. Faktory ovlivňující fidelitu a filopatrii .....	5
1.2.1. Předchozí hnízdění .....	5
1.2.2. Úspěšnost .....	6
1.2.3. Prostředí a klima.....	6
1.2.4. Denzita populace na lokalitě .....	7
1.2.5. Pohlaví.....	7
1.2.6. Věk .....	8
1.3. Modelový druh .....	8
1.3.1. Popis modelového druhu.....	8
1.3.2. Rozšíření a migrace modelového druhu.....	9
1.3.3. Hnízdní habitat a hnízdění.....	11
1.3.4. Ohrožení, ochrana a populační trend.....	12
1.4. Satelitní technologie .....	13
1.4.1. Sentinel - 2 .....	14
1.4.2. Atmosférická korekce .....	16
1.4.3. Indexy.....	17
1.4.4. Využití v ekologii a u studia ptáků.....	17
2. Cíle práce.....	19
3. Metodika.....	20
3.1. Sběr dat „in - Situ“ .....	20
3.2. Akvizice satelitních dat .....	22

3.3.	Příprava dat.....	22
3.4.	Mapové podklady pro statistické analýzy .....	23
3.5.	Zpracování dat v R a statistická analýza .....	24
4.	Výsledky.....	27
4.1.	Proporce vhodného habitatu.....	27
4.2.	Fidelita a filopatrie.....	33
4.3.	Vliv habitatu na fidelitu a filopatrii .....	36
5.	Diskuse .....	39
6.	Závěr.....	43
7.	Zdroje .....	44
	Přílohy .....	60

## 1. Úvod

Fidelita a filopatrie je u ptáků často studovaný jev. Jedná se o druh chování, kdy se jedinci vrací do blízkosti svého předchozího hnízdiště (fidelita), či do blízkosti svého narození (filopatrie) (*Greenwood, 1980*).

Obecně platí, že vyšší míru fidelity prokazují mezi ptáky samci (*Murray, 1969; Greenwood, 1980; Drilling & Thompson, 1988; Williams & Rodwell, 1992*). Dle autorů je to z důvodu hájení známých teritorií, kde byli samci úspěšní v minulých letech a které jim vyhovují svými podmínkami. Není to však platným pravidlem pro všechny ptačí druhy. Ve výzkumu zabývajícím se fidelitou u vrubozobých (*Rohwer & Anderson, 1988*) je uvedeno, že vyšší míru fidelity vykazují samice. V dalším výzkumu na konkrétním druhu kachny divoké (*Anas platyrhynchos*) bylo též poukázáno na vyšší míru fidelity u samic než u samců. Druhy, které fidelitní a filopatrické chování projevují, jsou dle mnoha autorů zvýhodněné, a to zejména dobrou znalostí svého stálého habitatu. Tato úzká habitatová adaptace však zabraňuje druhu reagovat na náhlé změny (*Jackson, 1994*).

Různé druhy projevují fidelitní a filopatrické chování v různé míře. Ta se odvíjí od spolupůsobících faktorů, které mají na vývoj chování vliv. Například je to dostupnost potravy, předchozí úspěšnost, teritorialita a další. S fidelitou a filopatrií úzce souvisí disperze, tedy jeho rozptyl v prostoru. Ten zaručuje, že se fidelitní a filopatrické druhy budou nadále šířit v prostoru a vyhledávat nová hnízdiště, zimoviště a podobně (*Lidicker, 1975; Greenwood, 1980*).

## 1.1. Fidelita a filopatrie

Pojmem fidelita se rozumí věrnost hnízdišti. Druhy, které vykazují fidelitu, se navrací na hnízdní lokality, na kterých hnízdily v minulých letech (*Houston, 1974; Greenwood, 1980*). Pojem filopatrie znamená věrnost rodišti, kdy se mladí jedinci navrací na místo svého narození (*Greenwood & Harvey, 1982; Berthold 2001; Newton, 2008*). Filopatrie ale nutně nemusí znamenat pouze návrat jedince na rodiště v kontextu jeho první hnízdní sezóny. Jedinci se na své rodiště mohou vrátit i s několikaletým odstupem, a i v tomto případě je to považováno za projev filopatrie (*Reeve 1989*). Základní pochopení fidelity a filopatrie, jejich fungování a samotného zjišťování jejich míry je jedním ze stěžejních komponentů správné a dostatečné ochrany živočišných druhů (*Saunders et al. 1991; Fahrig and Merriam 1994*).

Věrnost druhů vůči hnízdišti a rodišti je zejména dobře zdokumentována právě u ptáků (*Greenwood, 1980*). Zkoumáním toho jevu se již věnovalo mnoho studií napříč různými ptačími taxony (*Lenington & Mace, 1975; Greenwood & Harvey, 1976; Harvey et al. 1979; Greenwood & Harvey, 1982; Newton & Marquiss, 1982; Bollinger & Gavin, 1989; Hoover, 2003; Coulson, 2016; Donald et al. 2021*). Fidelita i filopatrie je velmi různorodá jak napříč druhy, tak i v rámci populací jednoho rodu a druhu. Například u druhu jespáka mořského (*Calidris maritima*) byla zjištěna velmi vysoká míra věrnosti svým hnízdním habitatům a zimovištím, v kontrastu s druhem jespáka rezavého (*Calidris camutus*). U toho byla naopak zjištěna nízká míra věrnosti, což znamená, že se na původní místo vrátí malá část jedinců. Toto reprezentuje míru diferenciace v rámci rodu. Rozdíl ve fidelitním chování se liší i mezi monogamními a polygamními druhy. Monogamní druhy vykazují vyšší míru fidelity než druhy polygamní (*Saalfeld & Lanctot, 2015*). Studie Kempnaers & Valcu (2017) zkoumala tuto problematiku na druhu jespáka skvrnitého (*Calidris melanotos*). Samci tohoto druhu jsou polygamní a jsou schopni během hnízdní sezóny pokrýt celý svůj hnízdní habitat. Dle autorů se jedná o vzdálenost 13 045 km. Což znamená, že samci nemají žádnou cílovou destinaci během sezóny a nejsou tudíž vázáni na konkrétní lokality. Doba, během které zůstávali na jednom místě, silně korelovala s počtem přítomných samic na jednotlivých lokalitách.

Věrnost druhů vůči hnízdišti a rodišti je dle Greenwood (1980) a Pärt (1991) výhodná vzhledem ke znalosti místa, jeho zdrojů a potencionálních predátorů. Naopak nižší míra fidelity či filopatrie snižuje závislost druhů na specifických habitatech, na které jsou adaptováni. Vzhledem k faktu, že fidelitní a filopatrické chování není totožné napříč ptačími taxony a už

vůbec nejsou tyto typy chování jednotnou strategií všech druhů. Je jisté, že fidelita/filopatrie a naproti nim stojící různá míra disperzního chování, jsou obě z určitých hledisek výhodnými strategiemi. Jedna zvýhodňuje jedince, kteří těží ze svých znalostí, druhý zvýhodňuje jedince z hlediska vyšší míry schopnosti rozptylu druhu, z důvodu hledání stále nových kvalitních habitatů.

Fidelitu a filopatrii ovlivňuje mnoho faktorů. Tyto formy chování a jejich míru ovlivňuje dostupnost hnízdních lokalit, jejich vhodnost a kvalita (*Bollinger & Gavin, 1989*). Dále je toto chování výrazně ovlivněno úspěšností hnízdění v předcházejících sezónách (*Oring & Lank, 1982; Thompson & Hale, 1989*). Důvod pro toto specifické chování a jeho upřednostňování namísto rozptylu je například dle Yoder et al. (2004) minimalizace náročnosti vynaložené energie a snížení rizika predace na neznámém místě.

Tyto dvě formy chování spolu nemusí nutně korelovat. Mnoho druhů projevuje filopatrické chování, avšak menší část druhů poté dále prokazuje fidelitní chování. U druhů, které se nevracejí do svých hnízdišť dochází místo toho k rozptylu populací (*Haig & Oring, 1988*).

Samotné fidelitní chování má dle Greenwood (1980) a Rowley (1983) dobré důvody. Za významné výhody fidelitního chování u ptáků lze považovat dobrou adaptaci na dané hnízdní habitaty (*Greenwood, 1980; Pärt, 1991*). S každou úspěšnou hnízdní sezónou tyto znalosti ptáků rostou a ti jsou poté zvýhodněni vůči mladším jedincům vzhledem k větší úspěšnosti ve vybrání správné hnízdní lokality s dostupnými potravními a vodními zdroji (*Grotto et al. 1985; Drilling & Thompson, 1988; Thompson & Hale, 1989; Fournier & Arlettaz, 2001; Coulson, 2016*). Dalším faktorem je úspěšnost hnízdění. Jedinci mají větší tendenci k návratu na místo, kde úspěšně vyvedli mladé (*Harvey et al. 1979; Oring & Lank, 1982, Gratto et al. 1985; Drilling & Thompson, 1988*). Z větší části ptačích druhů jsou to podle Lack (1968) samci, kteří jsou silně vázáni na své hnízdní habitaty. Jako důvod uvádí hájení svých teritorií a s tím související lákání samic. Avšak je nutné zmínit, že ne všechny výzkumy hypotézu, že hnízdní úspěšnost hraje ve fidelitním chování roli, potvrdili (*Haig & Oring, 1988; Wiens & Cuthbert, 1988*).

Newton (2008) uvádí, že adaptace na hnízdní lokality a z toho vyplývající evoluční výhody jsou jedním z hlavních důvodů, proč se ptáci vrací v průběhu svého života na stejná hnízdiště. Autoři Robertson & Cooke (1999) se ve své studii zaměřovali na sociální vazby mezi jedinci téhož druhu. Uvádějí, že fidelita je do značné míry pomáhá udržovat a rozvíjet.



Výlučně fidelitní chování nemá pouze výhody. Je jisté, že druhy, které se vracejí na svá hnízdiště, jsou dobře adaptována na daná prostředí. Je třeba podotknout, že jsou tyto druhy a jejich populace zranitelné vůči náhlým změnám v jejich hnízdních habitatech (Jackson, 1994). S trváním fidelitního a filopatrického chování hraje roli i zvyšující se množství izolovaných populací. To následně může vést k zániku těch populací, které jsou buďto početně menší, nebo které se nedokáží adaptovat na náhlou změnu v habitatu (Levins, 1970; Gadgil, 1971). Následně je tu otázka genetické variability. Druh musí určitou měrou vykazovat krom fidelitního chování i schopnost rozptylu. To je důležitým faktorem pro tok genů v populacích (Greenwood, 1980).

#### 1.1.1. Mechanismy a evoluce fidelity

Mechanismy, jež ovlivňují samotnou fidelitu, rozdělili Weatherhead & Forbes (1994) do dvou primárních kategorií. Jedná se o kategorie ekologických a genetických mechanismů.

V kontextu ekologických mechanismů se jedná o názor, že se jedinci vracejí na známá místa za předpokladu, že dokáží lépe využít svou znalost prostředí. Nejčastěji přijímanou hypotézou v oblasti ekologických mechanismů dle Newton (2008) je hypotéza „*Local Knowledge*“ – Znalosti místa. Tento přístup vysvětluje návrat jedinců do svých stálých lokalit z důvodu dobré znalosti prostředí. Tudíž jsou jedinci schopni pozitivně využívat své znalosti, které získali v minulých hnízdicích sezónách (Greenwood, 1980; Pärt, 1991; Newton, 2008). Mezi tyto znalosti lze zařadit vědomí o lepších místech pro stavbu hnízda. S tím souvisí i znalost lokality z kontextu kompetičního boje s jinými jedinci při hájení teritoria. Kompetiční boj o teritorium z pohledu zkušenějších jedinců popisují Brodsky & Weatherhead (1985) a Pattenden & Boag (1989). Ti uvádějí, že zkušenější jedinci na hnízdiště dorazí dříve, a tudíž se i dříve spáří s jedinci v lepší kondici. Dále jsou zvýhodněni z hlediska znalosti místních potravních zdrojů (Rohwer & Anderson, 1988). Ekologické mechanismy se však netýkají pouze hnízdišť a rodišť, nýbrž i jiných lokalit na migrační trase (Verdanis et al. 2011; Senner et al. 2014) a zimoviště (Ankney & MacInnes, 1978; Nichols & Hines, 1987; Raveling & Heitmeyer, 1989). Další přijímanou hypotézou je „*Social-cohesion*“, čili že se fidelitní a filopatrické chování vyvinulo z důvodu udržení sociálních vazeb (Raveling, 1969). Další verzí této hypotézy je, že se jedná spíše o systém partnerských vztahů. Funkci partnerských vztahů popisují například Haig & Oring (1988) ve své studii na druhu kulíka hvízdavého (*Charadrius melodus*). Zjistili, že po

zničení hnízda si 34 z 52 párů zachovaly partnera, ale změnilo lokalitu hnízda. Tyto stálé páry měly poté dle autorů studie více přeživších mláďat než páry nové.

Genetické mechanismy poté uvádějí, že určitý soubor genů umožňuje jedincům spářit se s partnery, se kterými sdílí určitý soubor podobných genů (*Robertson & Cooke, 1999*). V krajních případech do genetických mechanismů zasahuje příbuzenské křížení (Inbreeding) a křížení signifikantně odlišných jedinců (Outbreeding) (*Greenwood et al. 1978*). A to vzhledem k tomu, že si jedinci hledají na genetické úrovni sobě podobné protějšky. Příbuzenským křížením (Inbreeding) se rozumí křížení vzájemně příbuzných jedinců. To vede z genetického hlediska k degeneraci genofondu. Křížení odlišných jedinců (Outbreeding) naopak znamená, že se kříží jedinci, kteří si jsou ale svými vlastnostmi tak odlišní, že jejich potomci nezdědí výhodné vlastnosti ani jednoho ze svých rodičů, které jim pomáhají přežít ve svých nikách (*Thornhill, 1993*). Potomci poté nemají schopnosti přežít v žádném habitatu, který obývají jeho rodiče. Zde nastupuje teorie optimálního příbuzenského křížení (Optimal Inbreeding). Teoreticky by se tedy míra příbuzenského křížení měla vyvinout tak, že se maximalizuje množství genů, které souvisí s adaptací na danou lokalitu (*Shields, 1983; Bateson, 1983; Greenwood, 1987*). Následně by se měly tyto geny postupem času prolnout do subpopulací druhu (*Rockwell & Barrowclough, 1987*). Efekty těchto depresí poté zmírňuje disperze jedinců v prostoru (*Newton, 2008*).

## 1.2. Faktory ovlivňující fidelitu a filopatii

Návrat na známé lokality je zřejmě evolučně výhodné chování (*Hepp & Kennamer, 1992*). Výhodné je nejen u ptáků, ale i u dalších zástupců živočišné říše, například u savců (*Greenwood, 1980*). Toto chování ovlivňuje znatelné množství faktorů. Ke správnému pochopení fidelity a filopatrie je nutné chápat všechny tyto faktory a jejich spolupůsobení (*Hinde, 1956*).

### 1.2.1. Předchozí hnízdění

Za nejobecnější faktor, který ovlivňuje tento typ chování, lze považovat vliv přechozího hnízdění. Právě jeho úspěšnost či neúspěšnost určuje míru tohoto chování a následně ji ovlivňuje (*Hass, 1998; Doligez et al. 1999; Pasinelli et al. 2007*). Toto velmi dobře uvedla studie Hepp & Kennamer (1992). Autoři se věnovali určení míry fidelity u druhu kachničky karolínské (*Aix sponsa*). Zkoumaná populace se nacházela ve státě Jižní Karolína v USA.

Vlivem úspěšnosti přechozího hnízdění bylo zjištěno, že se 47,2 % samic po předchozím úspěšném hnízdění vrátilo na místo. Kdežto na stejné místo se po neúspěšném hnízdění vrátilo samic výrazně méně, a to 10,8 %. Dá se tedy obecně předpokládat, že jedinci, kteří zahrnají a úspěšně vyvedou mláďata, se poté s větší pravděpodobností vrátí na totožnou lokalitu. U neúspěšných jedinců tato tendence klesá (Greenwood & Harvey, 1982; Hass, 1998). Za další příklad lze považovat výzkum Styrsky (2005). Jedinci druhu mravenčika tečkoprsného (*Helophylax naevioides*) prokázali vyšší míru věrnosti úspěšným lokalitám než těm neúspěšným. Poté studie Harvey et al. (1979) prokázala významnou korelaci mezi úspěšností hnízdění v předchozích letech a následnému návratu na stejnou lokalitu. U zástupců druhu sýkorky koňadry (*Parus major*) bylo ve studii dokázáno, že jedinci i páry po neúspěšném hnízdění často změnili místo pro další hnízdo.

### 1.2.2. Úspěšnost

Jak bylo stanoveno, úspěšnost hraje v tomto chování klíčovou roli. Dle Greenwood & Harvey (1982) platí, že fidelitní chování zvyšuje reprodukční úspěchy v následující sezóně, a to vzhledem k získaným zkušenostem. U jedinců, kteří mají vysoký reprodukční úspěch, lze tedy často vypočítat daleko vyšší míru fidelity v následujících letech (Gavin and Bollinger 1988; Paton and Edwards 1996; Haas 1998). S úspěšností úzce souvisí velikost snůšky. Samice, která se na hnízdiště dostaví dříve a dříve zahrnají, mívá větší snůšky (Owen & Black, 1990). To následně vede k tomu, že tyto samice mají možnost mít více snůšek za sezónu, či mohou snůšku nahradit po zániku té původní (Kennamer & Hepp, 1987). Celková úspěšnost pak souvisí dle Kear (2005) na datu snesení prvního vejce, poté na celkovém počtu vajec v dané snůšce. To vše vyvrcholí počtem úspěšně vyvedených mláďat. S jedinci, kteří na hnízdiště dorazí dříve a mají vyšší úspěšnost, souvisí dle Greenwood (1980) a Pärt (1991) právě adaptace a znalost lokality a jejího blízkého okolí.

### 1.2.3. Prostředí a klima

Dalším důležitým faktorem ve vztahu k fidelitě a filopatrii je přirozeně prostředí a klimatické podmínky. Prostředí jako takové má vůči fidelitě a filopatrii vliv zejména v případě jeho náhlých změn či disturbančních antropogenních činností (Jackson, 1994). K tématu prostředí náleží i reakce na počasí a predaci. Haig & Oring (1988) ve studii zaměřené na druh kulíka hvízdavého (*Charadrius melodus*) zjistili, že páry spíše měnily lokality z důvodu zničení hnízda nepříznivým počasím než kvůli predaci. U klimatických podmínek je

podmiňující skutečností jeho proměnlivost. Dlouhodobé nepříznivé klimatické podmínky mají vliv na úspěšnost snůšek a úmrtnost mláďat. Jsou-li klimatické podmínky dlouhodobě nepříznivé, tak můžou jedinci během další hnízdní sezóny danou lokalitu nahradit jinou (Cramp, 1985). Klimatické podmínky mají vliv i na potravní zvyky. Během dlouhodobě trávajícího nepříznivého počasí se mění i dostupnost potravy, to pak ovlivňuje přímo druhy v závislosti na jejich preferovaném typu potravy (Veistola et al. 1997; Radford et al. 2001; Arlettaz et al. 2010).

#### 1.2.4. Densita populace na lokalitě

Hustota populace, nebo-li densita, má jako spolupůsobící faktor na věrnost hnízdní lokalitě také potvrzený vliv. V podstatě se v tomto případě jedná zejména o teritoriální chování, kompetice o zdroje, o reprodukční partnery a nejlepší možné místo pro zahnízdění daného jedince. Například autoři studie Pyle et al. (2001) prokázali u druhu alkouna aleutského (*Ptychoramphus aleuticus*) vliv denzity na fidelitu. Výsledkem výzkumu je signifikantní negativní vztah mezi fidelitou a denzitou. Autoři uvádějí, že čím nižší je densita, tím vyšší je pravděpodobnost párování jedinců na stejných lokalitách jako v předchozích letech.

#### 1.2.5. Pohlaví

Pohlaví má na fidelitu velmi signifikantní vliv (Williams & Rodwell, 1992). Z pohlaví jsou to právě samci, kteří prokazují vyšší míru fidelitního chování (Harvey et al. 1984; Drilling & Thompson, 1988; Pärt & Gustafsson, 1989). Dle zmíněných studií je větší věrnost u samců zapříčiněna snížením rizika s ohledem na nalezení vhodného místa k úspěšnému zahnízdění. V porovnání s nimi samice mají vyšší šanci k nalezení nového vhodného partnera i v případě, rozhodnou-li se zahnízdit jinde. Není to však pravidlem. Ve studii Doherty et al. (2002) prováděné na populaci druhu kachny divoké (*Anas platyrhynchos*) bylo nalezeno málo důkazů o rozdílech ve filopatrii v rámci pohlaví. Byla však potvrzena vyšší míra fidelity u dospělých samic, což dokazuje rozmanitost tohoto chování napříč druhy, kde obecně platí, že vyšší míru fidelity prokazují samci. Jako další příklad platnosti hypotézy, že vyšší míru fidelity prokazují samci, lze uvést v již zmíněném výzkumu Pyle et al. (2001) na populaci druhu alkouna aleutského (*Ptychoramphus aleuticus*).

### 1.2.6. Věk

Vliv věku jedinců na míru jejich fidelity i filopatrie se dle Newton (2008) projevuje silnější vazbou k lokalitě u starších jedinců. Fidelita tedy narůstá se stářím (Pyle *et al.* 2001). Příkladem je studie Newton & Marquiss (1982), kde je u druhu krahujce obecného (*Accipiter nisus*) prokázána klesající tendence v kontextu změny lokality s přibývajícím věkem. U filopatrie platí dle Newton (2008) hypotéza, že jedinci urazí signifikantně větší vzdálenost mezi místem narození a místem jejich prvního zahnízdění. Důvodem pro tento větší rozptyl je zřejmě snaha o určitou disperzi v rámci druhu a také jisté znevýhodnění mladých jedinců z hlediska zkušeností. Právě zkušenosti přicházející s přibývajícím věkem jsou dle Greenwood & Harvey (1982) velmi signifikantním faktorem. Zkušenější jedinci obsazují lepší teritoria a mladší jsou proto nuceni migrovat do větší vzdálenosti.

### 1.3. Modelový druh

Modelovým druhem pro tuto diplomovou práci je kulík říční (obrázek č. 1). Jedná se o ptáka z podřádu bahňáků (*Charadrii*).



Obrázek. č.1: kulík říční, Foto: Bc. Jan Grünwald

#### 1.3.1. Popis modelového druhu

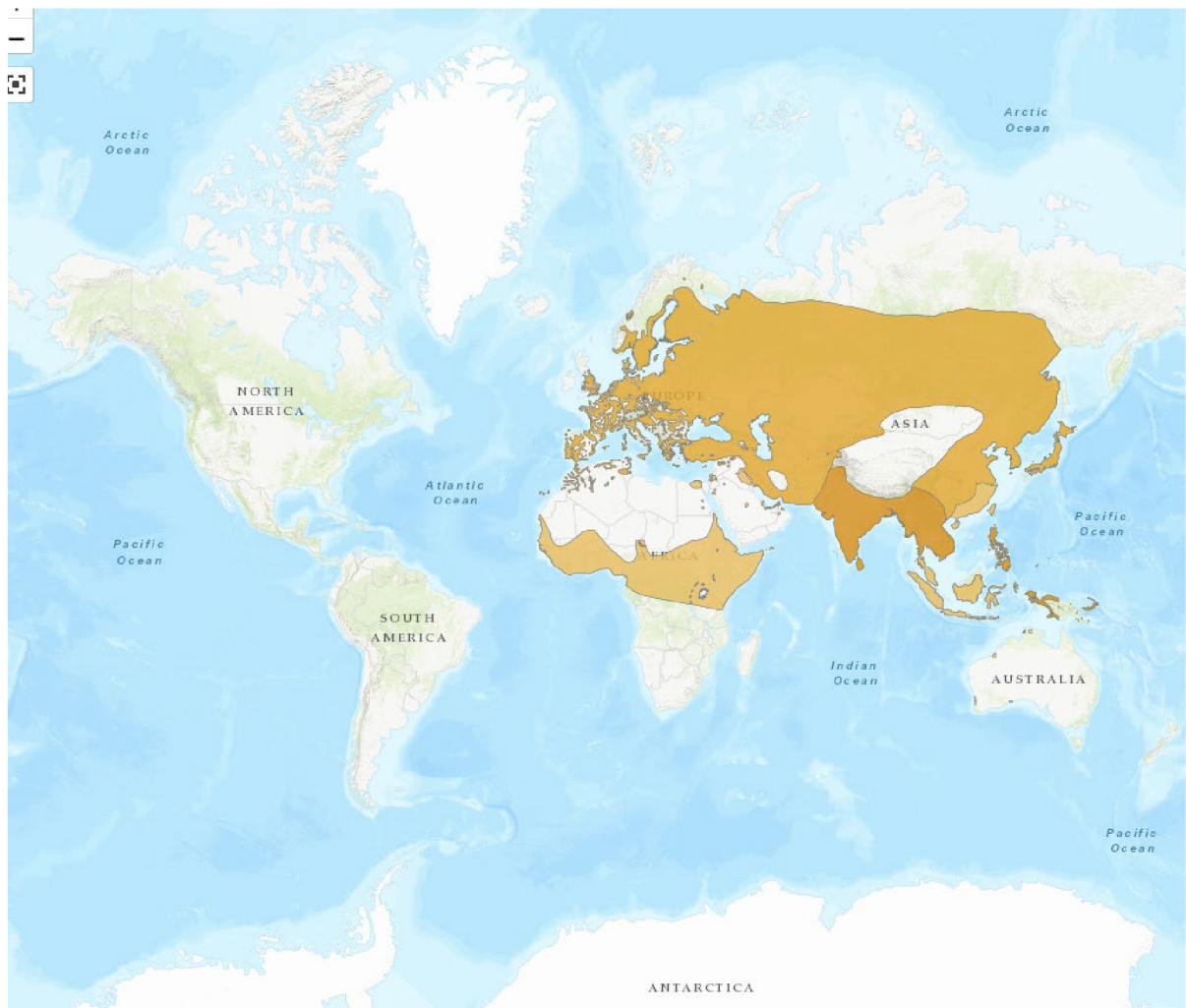
Jedná se o malého ptáka. Dle Robinson, R.A. (2005) se jeho velikost pohybuje v rozmezí 14 - 18 cm. Rozpětí křídel je 30 – 35 cm. Váhově se druh pohybuje mezi 25 – 50 g. Je velmi snadno rozpoznatelný díky kombinaci hnědé, černé a bílé barvy. Jeho nejvýraznějším rysem je žluté lemování okolo očí (Hudec a Štastný, 2005).

V průběhu mimo hnízdní sezóny a tahu je kulík říční převážně samotářský druh. Příležitostně utváří malá hejna, kde počet jedinců zpravidla nepřesahuje deseti kusů (*Cramp and Simmons 1983; Hayman et al. 1991; del Hoyo et al. 1996*). Během hnízdění též není ve velkých skupinách. Hnízdí sám, či v řídkých společenstvech, která jsou od sebe vzdálena od 7 do 200 m (*del Hoyo et al. 1996*).

Kulík je druhem masožravým. Jeho potrava se skládá zejména z hmyzu, dále například z červů, plžů a korýšů (*Johnsgard, 1981; Urban et al. 1986; del Hoyo et al. 1996*). Cramp a Simmons (1983) uvádějí, že vegetace zejména ve formě semínek je pozřena náhodně během konzumace živočišné potravy.

### 1.3.2. Rozšíření a migrace modelového druhu

Kulík říční je druh s takzvaným palearktickým rozšířením (obrázek č. 2). Je to tedy druh severní polokoule. Jedná se zpravidla o tažný druh, vyjma populací v severovýchodní Asii, Indii, Filipínách a Nové Guinei, kde populace kulíka zůstávají po celý rok.



- Druh se zde vyskytuje stále
- Druh zde zimuje
- Druh se zde rozmnožuje
- Přechodné stanoviště

Obrázek č. 2: Rozšíření modelového druhu (kulík říční),

Zdroj: IUCN

Evropské populace kulíka říčního zimoviště v tropických částech Afriky opouští v průběhu března. Hnízdní sezóna trvá od dubna do června. Evropské populace po konci rozmnožovací sezóny opouštějí hnízdiště v průběhu června a července (*del Hoyo et al. 1996*).

Severoafriické populace zimují v tropických částech kontinentu od srpna až do začátku tahu v březnu. Hnízdní sezóna trvá od března do května (*del Hoyo et al. 1996*).

Asijské populace zimují v jihovýchodní Asii a Indii či vůbec na zimoviště nemigrují (*del Hoyo et al. 1996*).



### 1.3.3. Hnízdní habitat a hnízdění

Pro kulíka říčního jsou přirozeným habitatem břehy vodních toků a vodních ploch. Preferenčně si druh vybírá místa bez či s řídkou vegetací. Jako podloží preferuje písčitou půdu s přítomností malých kamenů a oblázků (Johnsgard, 1981, Cramp and Simmons 1983, del Hoyo et al. 1996, Grimmett et al. 1998). Často jeho hnízda nalezneme i na ostrůvcích v říčním toku či stojaté vodní ploše (Johnsgard, 1981, del Hoyo et al. 1996). Zahnízdí i ve vyschlých korytech řek či vádí (Cramp and Simmons 1983). Druhu se i velmi daří v člověkem pozměněné krajině. Jedná se o šterkovny (Ratcliffe, 1974), dále pískovny či vypuštěné nádrže (Cramp & Simmons 1983, Hagemeyer & Blair 1997). Hnízda byla nalezena i v post těžebních a těžebních oblastech a v blízkosti kanálů na odtok splaškových vod (Cramp and Simmons, 1983, Hayman et al. 1986, del Hoyo et al. 1996). Johnsgard (1981) začal poukazovat na využívání orných půd coby hnízdišť. Kulík začal využívat i člověkem intenzivně obhospodařovanou část krajiny, jako je orná půda (Hayman et al. 1986). Tématu hnízdění na orné půdě se pak intenzivně věnovaly výzkumy Cepáková et al. (2007) a Vozabulová et al. (2019). Studií Vozabulová et al. (2019) bylo prokázáno nejen zahnízdění na orné půdě, ale též schopnost úspěšně vyvést mláďata. Hnízda se z větší části nacházela na polích, která jsou v blízkosti vodních ploch s dobrou dostupností potravy. Zároveň autoři poznamenávají, že zájmový druh vykazoval toleranci vůči limitnímu či chybějícímu přístupu k vodě v bezprostřední blízkosti. Bylo zjištěno, že se kulík říční vyhýbá stavbě hnízda v okrajových částech zemědělské půdy. Hnízdní jamky byly převážně nalezené v těsné blízkosti přirozených útvarů, jako jsou kameny nebo pozůstatky rostlin. Důležitým faktorem pro samotné zahnízdění na orné půdě je nižší predace oproti hnízdům v přirozených hnízdních lokalitách (Cepáková et al. 2007).

Autoři studie Cepáková et al. (2007) uvádějí, že na polích druh těží z vyšší úspěšnosti v kontextu vyvedení mláďat. Na hodnocených lokalitách uvádějí úspěšnost 60,4 %. Míra úspěšnosti dosahuje takové hodnoty i s přihlédnutím k faktu, že byla malá část hnízd zničena zemědělskou technikou v průběhu hnízdění. Z toho vyplývá, že i když se kulík hnízdící na orné půdě těší nižší predaci, je na něj z druhé strany vyvíjen větší přímý tlak ze strany člověka. Oproti celkové úspěšnosti hnízdění na polích, která byla již zmíněných 60,4 %, činila úspěšnost hnízdění mimo zemědělskou půdu 15,4 %. Hlavními faktory v menší úspěšnosti mimo zemědělskou půdu bylo zaplavení hnízd a vyšší predace.



V bakalářské práci Janoušek (2019) byl pomocí satelitních technologií a statistických metod popsán preferovaný stav habitatů na orné půdě pro zahníždění. Jednalo se o popis území z hlediska vegetace, zamokření a vlhkosti půdy ve svrchních pěti cm. Dle výzkumu v bakalářské práci se preference v kontextu vegetačního pokryvu nemění po celou hnízdní sezónu. Byla zjištěna preference pro plochy méně zarostlé vegetací. To je potvrzené i výzkumem Cepáková et al. (2007), kde autoři uvádějí, že kulík říční nemá problém zahnízt na úplně holé půdě. Jeho preference pro stav zamokření indikuje vyšší preference pro zamokřenější místa. To koreluje s jeho typickými habitatovými preferencemi v přirozených lokalitách (*del Hoyo et al. 1996*). V neposlední řadě je tu faktor vlhkosti půdy v její svrchní části. Z téhož výzkumu vyplynulo, že přestože kulík říční přirozeně hnízdí v blízkosti vody, a tedy na půdě, která je ve svrchní části půdy zpravidla vlhčí, byla v práci prokázána dispreference pro vlhkost půdy ve svrchních pěti cm půdy.

Modelový druh má po celé období stejné habitatové preference pro vegetační pokryv a zamokření. Na vlhkosti půdy ve svrchních 5 cm nezáleží (*Janoušek, 2019*).

Časně po přiletu ze zimoviště se kulíci začínají párovat. Nejčastějším typem hnízda je jamka v zemi, která se velikostně pohybuje mezi 7 – 12 cm. Hnízda však nacházíme také na rovné zemi bez jakéhokoli vyhloubené jamky. Hnízda se často nachází v blízkosti kamenitých útvarů či na kamenech samotných (*Johnsgard, 1981, Urban et al. 1986; Vozabulová et al. 2019*).

Po založení hnízda snese samička snůšku, která se skládá ze 3 – 4 malých vajec, jež jsou charakteristická svou skvrnitostí (*Bejček a Štastný, 2001*). Snůšce se věnují oba rodiče. Bulla et al. (2006) uvádí, že se samec a samička zhruba po jedné hodině střídají. Inkubační doba trvá 3 – 4 týdny. Mláďata jsou aktivní a ihned po vylíhnutí následují své rodiče (*Dierschke, 2009*). Modelový druh se dle Hudce a Štastného (2005) dožívá devíti let.

#### 1.3.4. Ohrožení, ochrana a populační trend

Dle dat Birdlife International (2022) a Wetlands International (2022) je populační trend stálý. Početnost Evropské populace je odhadována na 269 000 – 524 000 dospělých jedinců (*Birdlife International, 2015*).

Přírozené habitaty kulíka říčního za poslední dobu v různé míře napříč Evropou ubývají hlavně v důsledku antropogenního tlaku (Baumann, 2006). Jednou z nejvýznamnějších činností v souvislosti s úbytkem přírodního habitatu v minulosti byly vodohospodářské úpravy (Hudec a Šťastný, 2005). Dále se na úbytku přírodních habitatů podepsala například přeměna krajiny za účelem různých forem turismu (del Hoyo et al. 1996). V závislosti významného využívání orné půdy jako habitatu pro hnízdění (Vozabulová et al. 2019) ohrožují populace kulíka i zemědělské úpravy a další procesy, které jsou spojeny s úpravami zemědělské půdy (Galbraith, 1988, Zámečník et al. 2017, Santangeli et al. 2018).

Z hlediska ohrožení je dle IUCN (IUCN, 2022) kulík říční zařazený v kategorii LC - málo dotčený. V České republice není druh veden jako zvláště chráněný. Z pohledu legislativy podléhá obecné ochraně.

#### 1.4. Satelitní technologie

Od počátku fenoménu Vesmírného závodu mezi USA a tehdejší SSSR (Mann, 2019) se satelitní technologie začala z čistě vojenského účelu využívat i v dalších odvětvích, a to zejména ve vědě. Prvním komplexním řešením pro dostupné satelitní technologie veřejnosti je program Landsat. Program byl zahájen roku 1972 a spadá pod „National Aeronautics and Space Administration“ – NASA. (Landsat, 2022). Pro Evropu a Evropskou unii se takovýmto nástrojem stala společnost „European Space Agency“ – ESA. Konkrétně jde o její program „Copernicus“ (ESA, 2022).

Stěžejní jsou pro program „Copernicus“ satelity „Sentinel“ (tab. č. 1). Byl spuštěn v roce 2013. Jeho primární využití je v oblasti monitoringu stavu životního prostředí. Mezi to patří monitoring ekosystémů, ovzduší, vodních ploch a využití krajiny (land-use). Každá jednotlivá mise má jiný primární cíl. Satelit snímá zemský povrch několika senzory. Jejich počet, metoda měření a rozlišení závisí na typu satelitu. Výsledná data následně tvoří fotografické výstupy.

Mise Sentinel organizace ESA		
Mise	Start	Využití
Sentinel – 1	3.4.2014	Monitoring Moří a pevniny
Sentinel – 2	23.6.2015	Monitoring půdy a pokryvu
Sentinel – 3	16.2.2016	Monitoring teploty
Sentinel – 4	2023 a 2030	Složení atmosféry
Sentinel – 5	13.10.2017	Monitoring atmosféry
Sentinel – 5P	13.10.2017	Doplňěk k Sentinel – 5
Sentinel – 6	21.11.2020	Monitoring klimatu

Tabulka č. 1 – Přehled misí satelitů Sentinel

Zdroj: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions>

#### 1.4.1. Sentinel - 2

Soustavu mise Sentinel - 2 tvoří dvojice satelitů s označením Sentinel - 2A a Sentinel - 2B. Platforma 2A byla spuštěna 23.06.2015 a platforma 2B 07.03.2017 (*Copernicus: Sentinel, 2016*). Oběma satelitům trvá deset dní, než oběhnou naši planetu. Nepohybují se na oběžné dráze současně, ale v rozpětí pěti dnů. To znamená, že je totožný úsek planety snímán každých pět dní. Satelity se nachází ve výšce 786 km. Jejich dráha je polárně slunečně synchronní s inklinací 98,8° vůči zemskému povrchu.

Mise Sentinel - 2 byla navržena a je využívána na detailní mapování pokryvu zemského povrchu. Hodí se proto pro monitoring vegetace, vodních ploch a vývoje územních celků. Satelity jsou vybaveny senzory MSI (*Multi Spectral Instrument*). Tyto senzory měří celkem ve 13 spektrálních pásmech (tab. č. 2). Rozmezí měření je 443 - 2190 nm (*Sentinel, 2020*). Jeden snímek pořízený satelitem má záběr 290 km a snímky snímá pod úhlem 20,6°. V závislosti na senzoru je rozlišení pořízených snímků v rozmezí od 10 m do 60 m. Velikost jednoho snímku je 100km x 100km<sup>2</sup>).

Samotná data jsou poskytována ve třech typech. Jsou to data S2MSI1C (L1C), S2MSI2A (L2A) a S2MSI2Ap (L2Ap). Data se od sebe liší technologií zpracování. Měnila se v průběhu času společně s tím, jak se platforma vyvíjela. První data typu L1C neobsahují atmosférickou

korekci (viz. kapitola 2.5.2. a obr. č. 3). Následující typ dat L2A a L2Ap už atmosférickou korekci zahrnuje. Data s atmosférickou korekcí jsou dostupná od března roku 2018 (*Sentinel 2 - Data products, 2022*).

Spektrální pásma platform Sentinel - 2			
Měřené pásmo (Band)	Rozlišení pásma	Vlnový délka pásma	Charakteristika pásma
B1	60 m	443 nm	Modrá barva (aerosol)
B2	10 m	490 nm	Modrá barva (B)
B3	10 m	560 nm	Zelený barva (G)
B4	10 m	665 nm	Červená barva (R)
B5	20 m	705 nm	VNIR (viditelná a infračervená)
B6	20 m	740 nm	VNIR (viditelná a infračervená)
B7	20 m	783 nm	VNIR (viditelná a infračervená)
B8	10 m	842 nm	VNIR (viditelná a infračervená)
B8A	20 m	865 nm	VNIR (viditelná a infračervená)
B9	60 m	940 nm	SWIR (krátkovlnná infračervená)
B10	60 m	1375 nm	SWIR (krátkovlnná infračervená)
B11	20 m	1610 nm	SWIR (krátkovlnná infračervená)
B12	20 m	2190 nm	SWIR (krátkovlnná infračervená)

Tabulka č. 2 - přehled měřených spektrálních pásem platformou Sentinel - 2

Zdroj: <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>



Obrázek č. 3 - Starší typ dat typu L1C bez atmosférické korekce (vlevo) a novější typ L2A s atmosférickou korekcí (vpravo).

Zdroj: <https://earth.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>

#### 1.4.2. Atmosférická korekce

Atmosférickou korekcí se rozumí odstranění části atmosférického znečištění. Za znečištění se v případě korekce rozumí odraz půdy, oblačnost, mlha a jiný aerosol v atmosféře. Při užívání starších dat se jedná o nezbytnou součást procesu studia krajiny za pomoci satelitů a proces zároveň slouží k přesnějším výsledkům (*Manatsa et al, 2008*).

Konkrétně je nutné provádět atmosférickou korekci při kombinaci dat typu L1C a L2A ve společných analýzách. K tomu slouží algoritmus Sen2Cor integrovaný do softwaru SNAP (*Main-Khorn et al. 2015*). V procesu se jedná o odstranění části oblačnosti, upravení světelných

odrazů a eliminaci mlhy a aerosolů, které jsou na snímku přítomny. Tyto faktory atmosférického znečištění signifikantně zkreslují výsledky (Main-Knorn et al. 2015).

#### 1.4.3. Indexy

Výstupy satelitních dat se vyhodnocují buď samostatně, či je možné je kombinovat do „indexů“. (GisGeography, 2020). Indexů pro platformu Sentinel - 2 existuje mnoho. Různé specifické kombinace poté poskytnou jiný výstup. Tvorba mapových indexů je pro další analýzy nezbytným krokem. Pokud by se snímky nekombinovaly do indexů, nebylo by možné provést a vyhodnotit požadované výstupy, jako jsou například vegetační pokryv, množství vody v půdě, vodní plochy a změna území. Výčet možných kombinací pásem za tvorby indexů je dostupný na webové stránce „*Custom-scripts*“ ([Collection of custom scripts - Sentinel-Hub custom scripts](#), 2022). Mezi nepoužívanější indexy v ekologii se řadí LAI, LCI, LCC, NDVI, MNDVI, NDWI a MNDWI. V bakalářské práci Janoušek (2019) byly použity indexy NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index) a SMI (Soil Moisture Index). Za pomoci těchto indexů byla dále za pomoci „in-situ“ dat a statistických metod zpracována analýza na vyhodnocení proporcí a vlastností vhodného habitatu pro druh kulíka říčního v Českobudějovické pánvi.

Index NDVI, je nejrozšířenější vegetační index pro mapování vegetačního pokryvu. Výstupy udávají přítomnost/nepřítomnost vegetace a hustotou vegetace (Jiang et al, 2006). Index NDWI se využívá k měření obsahu tekuté vody ve vegetaci (Gao, 1996) a k měření množství vody v oblasti (McFeeters, 1996). Index neřeší obsah vody v půdě, pouze na ní. Na půdu je určený index SMI, udává rozsah vlhkosti ve svrchní vrstvě půdy do 5 cm. (Hunt et al, 2009).

#### 1.4.4. Využití v ekologii a u studia ptáků

Satelitní technologie jsou dobrým nástrojem pro komplexnější zkoumání druhových habitatů a monitoring vývoje přírody. Je nicméně důležité umět se satelitními daty správně pracovat a volit vhodné metody jejich úprav, jelikož jsou zatíženy charakteristickými chybami (Kerr & Ostrovsky, 2003). Tyto chyby jsou způsobené samotnou podstatou funkčnosti satelitů a jejich snímání. Než se odražená data ze sensorického měření vrátí zpět do satelitu, jsou ovlivněna již zmíněným atmosférickým znečištěním ve dvou úrovních. První úroveň je samotný povrch země a druhou jsou jevy atmosféry a její vrstvy (Richards 1993). Velmi rozšířeným tématem ve výzkumu satelity je zemský pokryv a využití krajiny (Defries & Townshend, 1999;

*Hurt et al. 2001*). V ekologii slouží pak primárně k výzkumu habitatů (*Franklin & Wulder, 2002*). Jsou velmi přínosné i u studií populací a jejich pohybů (*Jennings 2000; Saveraid et al. 2001*), a to hlavně v nepřístupných oblastech (*Kerr et al. 2001*).

Co se týče využití v ekologii ptáků, jedná se právě o monitoring a studium habitatů. Autorům studie Sader et al. (1991) se například podařilo v dlouholetém výzkumu s úspěšností 70 % zmapovat habitaty migrujících ptáků v Kostarice. Další práce autorů Cole et al. (2015) se zabývala reakcemi populace sýkorek (*Parus spp*) na měnící se prostředí. V bakalářské práci Janoušek (2019) se autor zabýval studiem hnízdního habitatu na orné půdě druhu kulíka říčního v Českobudějovické pánvi v letech 2016 - 2019 za pomoci dat ze satelitu Sentinel - 2. Podařilo se zmapovat stav a proporce vhodného habitatu na orné půdě v průběhu hnízdní sezóny. Ta činila průměrně 12,2 %. Dále byla zjištěna preference druhu ve vztahu k vegetačnímu pokryvu, vlhkosti půdy a míry zamokření v oblasti.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce je popsání fidelity a filopatrie u modelového druhu, kterým je kulík říční (*Charadrius dubius*) v kontextu dostupného vhodného hnízdního habitatu v zájmové oblasti Českobudějovické pánve. Hnízdní data byla získána v letech 2016 - 2021 během výzkumů prováděných v zájmové oblasti. Satelitní data byla získána z platformy Sentinel - 2.

Habitaty budou mapovány pomocí tvorby indexů NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a NDWI (Normalized Difference Water Index). V rámci těchto analýz prováděných pomocí satelitních dat budou stanoveny proporce vhodného habitatu v zájmové oblasti. Bude popsána dynamika vývoje dostupného hnízdního habitatu na orné půdě a vodní ploše.

Následně budou tato data použita pro statistickou analýzu míry fidelity a filopatrie populace modelového druhu v zájmové oblasti. Poté bude testováno, zda habitat v novém místě je pro hnízdění vhodnější než habitat v místě předešlého zahnízdění a je-li habitat důvodem k přesunu jedinců.



### 3. Metodika

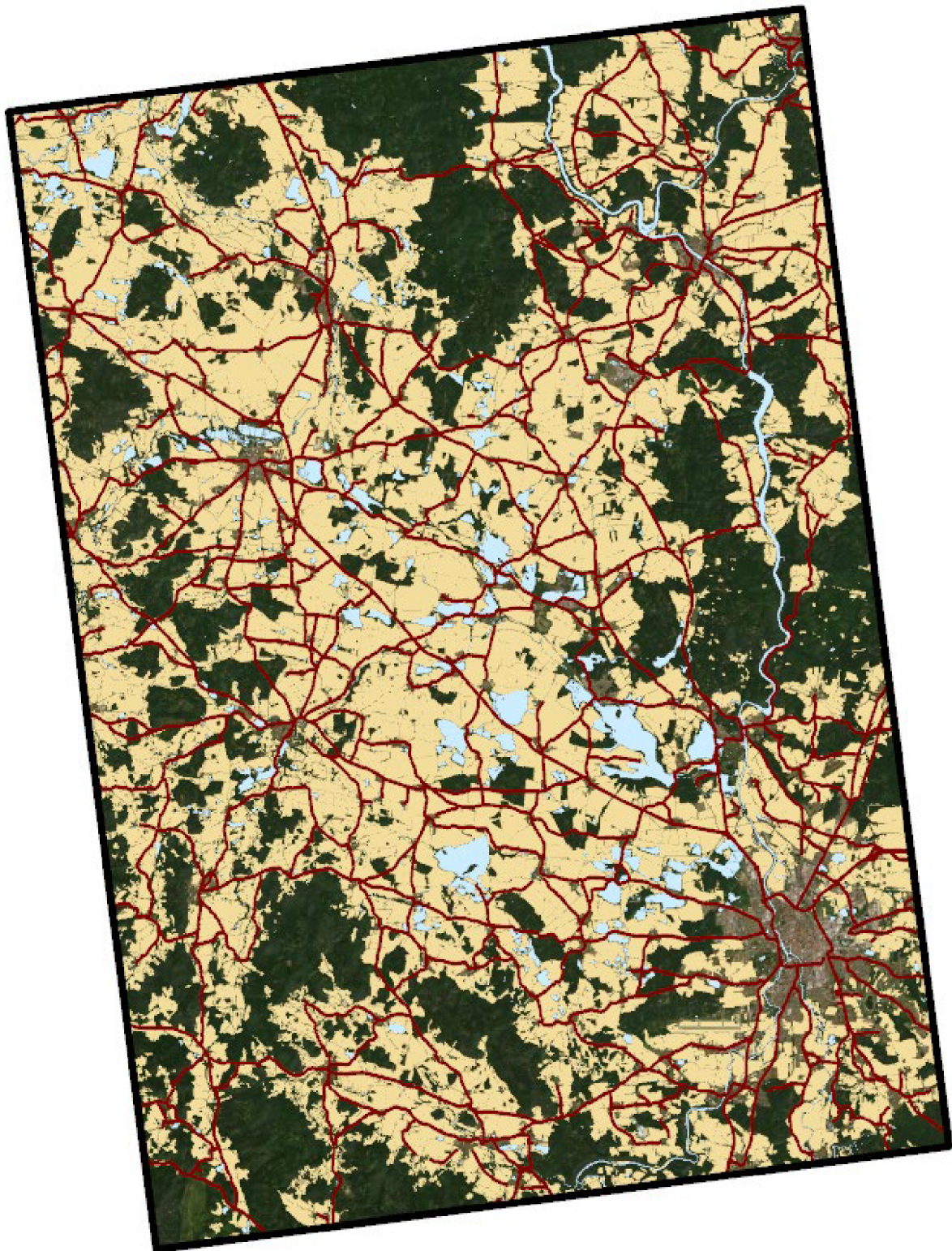
#### 3.1. Sběr dat „in - Situ“

Sběr dat a značení hnízd probíhal v letech 2016 - 2021 v období hnízdní sezóny od března do června. Sběr byl prováděn v zájmové oblasti Českobudějovické pánve v České republice (obr č. 5). Sběru dat se věnuje i práce Vozabulová et al. (2019). Nejprve byly vybrány plochy, kde byla zaznamenána přítomnost modelového druhu. Hnízda byla hledána dle přítomnosti dospělců za pomoci dalekohledů za účelem detekce inkubujících či pohybujících se jedinců. Posléze byly souřadnice nalezených hnízd zaznamenány pomocí GPS. Počátek inkubace byl zjištěn flotačním testem (*van Päässen et al. 1984*). Byla zaznamenávána data ohledně opakujících se výskytů konkrétních jedinců, čímž vznik přehled o opakovaném hnízdění či prvním hnízdění.



Obrázek č. 4 - Zájmové území v kontextu České republiky. Zdroj: ArcGis pro  
Měřítko: 1: 1 300 000

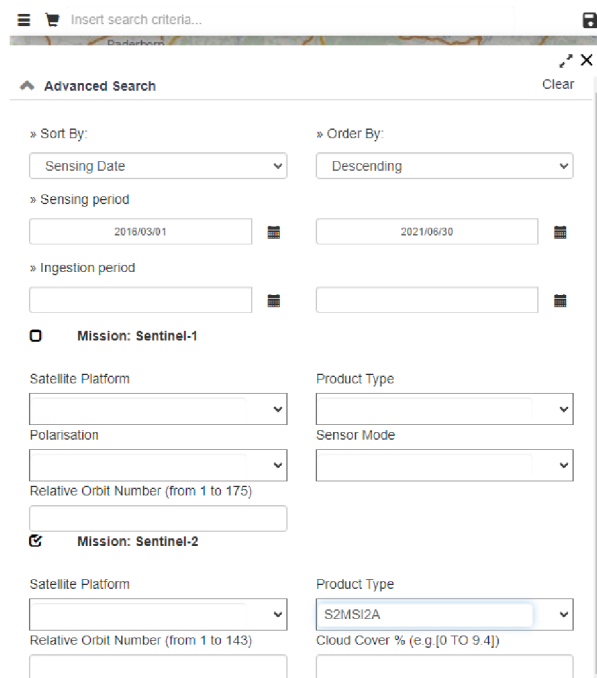




Obrázek č. 5 - Detailní mapa zájmové oblasti zobrazující „Land-use“ krajiny.  
Světle žlutá barva: Zemědělské plochy; Modrá barva: Vodní plochy a toky; Červená barva: Cesty  
Zdroj: Mapa - ArcGis pro; polygonové vrstvy: Ing. Eva Vozabulová  
Měřítko: 1:230 000

### 3.2. Akvizice satelitních dat

Data pro praktickou část této práce byla získána z internetové platformy <https://scihub.copernicus.eu>. Jedná se o společnou datovou platformu pro všechny mise Sentinel. Data starší než dva roky, byla získána z uložště <https://sobloo.eu>. Data je potřeba vybírat velmi důkladně, neboť se na platformě *scihub.copernicus* nachází veškeré nezpracované snímky, tudíž i ty s velmi vysokým procentem oblačnosti. Pro statisticky relevantní výsledky byly vybrány snímky pro každý měsíc s nejmenším % oblačnosti. Po zadání požadovaných parametrů (obr. č. 6) jsme dále schopni satelitní data stáhnout a můžeme s nimi dále pracovat.



Obrázek č. 6: Základní kritéria požadavků na satelitní data

Zdroj: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>

### 3.3. Příprava dat

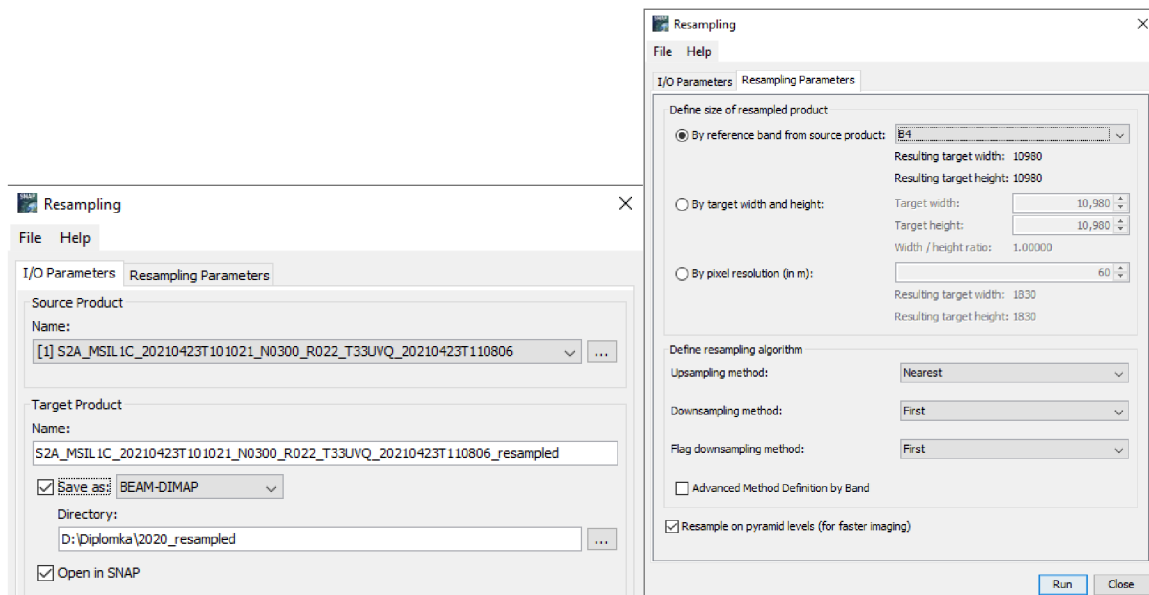
Jak bylo již zmíněno v kapitole 1.4.2., neupravená data je výrazně doporučeno upravit. Autoři Manatsa et al. (2008) kladou důraz na provedení atmosférické korekce dat za účelem eliminace chybovosti. Tyto chyby v datech zapříčiněné samotnou podstatou principu měření satelity by na konci procesu silně ovlivňovali výsledky. ESA pro úpravu dat ze satelitů mise Sentinel poskytuje vlastní software SNAP. V tomto programu byla provedena korekce všech snímků, které používaly starý formát dat LIC. Korekci zajišťuje algoritmus Sen2Cor ve verzi 2.10.01. Výsledné produkty atmosférické korekce jsou zobrazeny v obrázku číslo 7. Po korekci byla data přetransformována na jednotný formát rozlišení 10x10m (obr. č. 8) z důvodu zvolených indexů pro tuto práci. Zvolené indexy jsou NDVI a NDWI.





Obrázek č. 7: Data před korekcí (vlevo) a data po korekci (vpravo).

Zdroj: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>



Obrázek č. 8: postupný proces resamplingu dat na rozlišení 10x10m

Zdroj: SNAP software

### 3.4. Mapové podklady pro statistické analýzy

Připravená a upravená satelitní data byla poté nahrána do programu ArcGis pro. Dále byly nahrány polygonové vrstvy, které definují územní celky. Následně bylo zapotřebí vytvořit rastrové vrstvy ze satelitních dat. Vzhledem ke zvoleným indexům NDVI (*Rouse et al. 1973; Tarpley et. at 1984; Kogan et al. 1995; Jiang et al, 2006*) a NDWI (*Gao, 1996; McFeeters, 1996*) byly vytvořeny rastry z pásem B4, B8, B8A a B11. Všechny rastry byly převedeny do rozlišení 10x10m. Rastrové mapy byly vytvořeny pomocí procesu výpočtu rastrových hodnot

(raster calculator). Indexové mapové podklady byly vytvořeny pro měsíce březen, duben, květen a červen pro roky 2016, až 2021.

Rastrové mapy byly vytvořeny za pomoci těchto vzorců:

$$NDVI = \frac{B8 (VNIR) - B4 (RED)}{B8 (VNIR) + B4 (RED)}$$

$$NDWI = \frac{B3 (GREEN) - B8 (VNIR)}{B3 (GREEN) + B8 (VNIR)}$$

Rovnice zadané do programu ArcGis pro měly tuto podobu:

Index NDVI = Float("B8.img" - "B4.img") / Float("B8.img" + "B4.img")

Index NDWI = Float("B3.img" - "B8.img") / Float("B3.img" + "B8.img")

### 3.5. Zpracování dat v R a statistická analýza

V programu R (*R Core Team, 2022*) následně pokračovala další úprava dat, aby bylo možné je statisticky analyzovat. K přípravě dat byly použity balíčky „rgeos“ (*Bivand & Rundel, 2018*), „raster“ (*Hijmans 2019*). Byla přiřazena hnízda dle odpovídajících souřadnic k rastrovým podkladům korespondující k času nalezení hnízd.

Následně byly zjištěny proporce vhodného hnízdního habitatu v rámci hodnot NDVI a NDWI na místě hnízd. Vzhledem k různým datům nalezení hnízd, které nekorespondují s daty pořízení satelitních snímků, byl ke každému hnízdě přiřazen vhodný snímek. Snímky byly k hnízdům přiřazovány následujícím způsobem. Byl vybrán snímek s přijatelnou mírou oblačnosti a časově odpovídají nejbližšímu datu nalezení hnízda. Habitat považovaný za vhodný pro zahnízdění byl v každém měsíci vybrán na základě následujících kritérií. Na orné půdě byl použit 95% kvantil NDVI v rámci známých hnízd. Kvantil 95% byl zvolen z důvodu, aby byla z následujících analýz eliminována hnízda, která se již nachází na ploše s vyšším vegetačním pokryvem. Spodní hranice kvantilu stanovena nebyla. A to vzhledem ke skutečnosti, že dle *Cepáková et al. (2007)* modelový druh zahnízdí i na úplně holé půdě. Pro rybník byla limitem holá půda. Což byla v tomto případě jeho vypuštěnou část.

Výsledky analýzy vhodného NDVI a NDWI pod hnízdy sloužily jako referenční hodnoty udávající vhodný habitat. Z dat byla vytvořena proporce vhodného habitatu napříč měsíci v rámci korespondujících sezón. Během výpočtu proporcí se vycházelo z hypotézy, že v průběhu sezóny nové vhodné plochy již nevznikají. Pro všechny měsíce v sezóně byly v rámci proporcí dále vyhodnocovány pouze ty plochy, které byly dle výsledků vhodné v měsíci předchozím. Pro začátek sezóny v březnu toto neplatí, neboť se jednalo o první měsíc, ve kterém se určovala proporce vhodného hnízdního habitatu.

Dále bylo zjištěno procentuální rozložení hnízd. A to, zda se nachází na orné půdě či na vodní ploše. Posléze byly určeny vzdálenosti mezi hnízdy označených jedinců mezi hnízdními sezónami. V analýze nebyla řešena hnízda, která byla označena jako hnízda náhradní v průběhu té samé sezóny. Byly tedy vyloučeny z dalších analýz.

Metodou Gaussova kernelu bylo odhadnuto empirické neparametrické pravděpodobnostní rozdělení vzdáleností mezi předchozím a současným hnízdem. Zvlášť pro samce a zvlášť pro samice. Rozložení v prostoru bylo provedeno funkcí “density” se šíří zhlazovacího pásu (bandwidth) 500 m.

V další části byly spočítány vzdálenosti mezi předešlým a novým hnízdem, a mezi hnízdem narození a prvním hnízdem. Dále byla vytvořena zóna (buffer) s vhodnými parametry NDVI a NDWI v okolí 500 m od hnízda korespondující s minulými a současnými pozicemi hnízd. Tím byla zjištěna míra vhodného habitatu v okolí 500 m na místě předešlého a současného hnízdění v době, kdy byl jedinec zaznamenán na novém hnízdě. Byla tedy porovnána míra současného dostupného habitatu v lokalitě starého hnízda v kontrastu s hnízdem novým v rámci jedné sezóny. Tím bylo porovnáno, kolik má v současnosti jedinec dostupného vhodného habitatu v okolí svého starého hnízda.

Další na řadě bylo statistické určení samotná míry fidelity a filopatrie v závislosti na pohlaví a habitatu. Fidelita byla v kontextu této práce definována jako vzdálenost mezi současným a minulým hnízdem na lokalitě napříč sezónami. Filopatrie byla definována jako vzdálenost prvního známého hnízda od hnízda narození. Při analyzování dat byla vynechána náhradní hnízda v rámci jedné sezóny, jelikož nesouvisí s definicí fidelity a filopatrie použitou pro tuto práci.

Byla testována vzdálenost od předchozího hnízda zahníždění (fidelita) a místa prvního známého místa od hnízda narození (filopatrie). Dále byly testovány rozdíly mezi proporcemi vhodného habitatu okolo minulých a současných hnízd. Vše bylo otestováno wilcoxovým testem.

Nakonec byly vytvořeny patřičné grafické výstupy proporcí habitatů, fidelity, filopatrie a vlivu habitatu a pohlaví na fidelitu a filopatrii. Nakonec byl vytvořen model lineární regrese (lm) závislosti fidelity na pohlaví, habitatu a interakci mezi pohlavím a habitatem.

## 4. Výsledky

V zájmové oblasti bylo z počtu 56 hnízd celkem 13,67 % hnízd na rybníce. Zbýlých 86,33 % hnízd se nacházelo na orné půdě. Poté byla provedena statistická analýza na fidelitu a filopatrii druhu. Dále byla provedena analýza ve vztahu fidelity a filopatrie modelového druhu s vhodným habitatem.

### 4.1. Proporce vhodného habitatu

Tabulka č. 3 udává detailní proporce meziročně dostupného vhodného hnízdního habitatu v zájmové oblasti. Celkový průměr vhodného hnízdního habitatu z celkové plochy je 20,11 %. Minimální průměrná hodnota vhodného hnízdního habitatu je 1,09 % a maximální 63,81 %. Pro podíl vhodné plochy na orné půdě z celkové plochy je průměr 21,61 %, minimum 1,17 % a maximum 66,96 %. Pro podíl vhodné plochy na rybnících je meziroční průměr 10,43 %, minimum je 0,45 % a maximum činí 44,23 %.

Pro jednotlivé měsíce je průměr celkové vhodné plochy pro měsíc březen meziročně 39,08 % (24,02 % - 63,81 %). Měsíc duben má pak průměr 20,20 % (15,75 % - 26,64 %). U května je meziroční průměr 14,35 %, (6,09 % - 23,21 %). Pro poslední měsíc červen je poté meziroční průměr 6,80 % (1,09 % - 11,80 %) (Tabulka č. 3; graf č. 1; graf č. 4).

Pro změny proporcí vhodné plochy na orné půdě je průměr za březen 41,26 % (24,86 % - 66,96 %). Měsíc duben vykazuje průměr 21,86 % (16,69 % - 29,46 %). Meziroční průměr u měsíce květen je 15,78 % (6,61 % - 25,76 %). V posledním měsíci červu je meziroční průměr 7,74 % (1,17 % - 13,59 %) (tabulka č. 3; graf č. 2; graf č. 5).

Změny v proporcích vhodného dostupného hnízdního habitatu na rybnících jsou meziročně za měsíc březen v průměru 25,51 % (15,47 % - 44,23 %). Pro měsíc duben je pak meziroční průměr 9,85 % (6,42 % - 16,99 %). Meziroční průměr v měsíci květen je poté 5,43 % (2,75 % - 9,44 %). Pro poslední měsíc červen je průměr 0,96 % (0,45 % - 2,19 %) (tabulka č. 3; graf č. 3; graf č. 6).

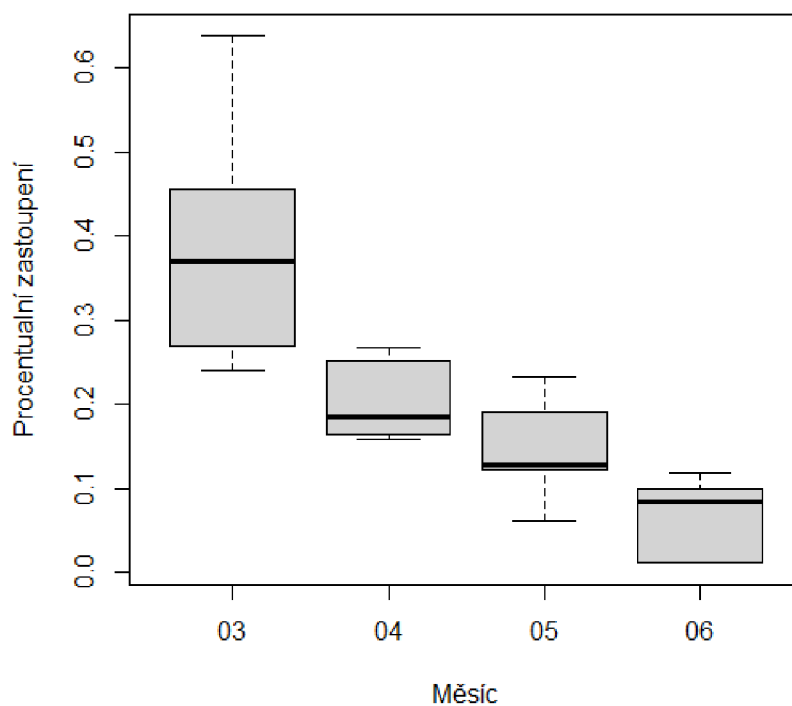
Mapy zobrazující měnící se proporce jsou na obrázku č. 9. Pro přehledné znázornění je zobrazen rok 2019. Zbýlé roky 2016, 2017, 2018, 2020 a 2021 jsou v části přílohy (1. - 5.).



Rok	Měsíc	Celková vhodná plocha	Vhodná plocha na orné půdě	Vhodná plocha na rybnících	Proporce celkové vhodné plochy v %	Z celkové vhodné plochy na orné půdě v %	Z celkové vhodné plochy na rybnících v %
2016	Březen	482691	404970	77722	26,84	26,13	31,20
2016	Duben	308975	292033	16942	17,18	18,85	6,80
2016	Květen	239176	231817	7359	13,30	14,96	2,95
2016	Červen	143633	142520	1113	7,99	9,20	0,45
2017	Březen	702939	643464	59476	39,08	41,53	23,88
2017	Duben	359985	335437	24548	20,01	21,65	9,86
2017	Květen	342630	319115	23515	19,05	20,59	9,44
2017	Červen	177360	174855	2505	9,86	11,28	1,01
2018	Březen	1147797	1037621	110176	63,81	66,96	44,23
2018	Duben	296517	280531	15986	16,49	18,10	6,42
2018	Květen	220826	213971	6855	12,28	13,81	2,75
2018	Červen	20356	18180	2176	1,13	1,17	0,87
2019	Březen	432007	385202	46806	24,02	24,86	18,79
2019	Duben	283366	258641	24725	15,75	16,69	9,93
2019	Květen	109563	102477	7086	6,09	6,61	2,84
2019	Červen	19610	18093	1517	1,09	1,17	0,61
2020	Březen	821471	772996	48476	45,67	49,88	19,46
2020	Duben	451983	409669	42315	25,13	26,44	16,99
2020	Květen	219027	201006	18021	12,18	12,97	7,24
2020	Červen	160606	155151	5455	8,93	10,01	2,19
2021	Březen	630162	591623	38539	35,04	38,18	15,47
2021	Duben	479086	456436	22650	26,64	29,46	9,09
2021	Květen	417432	399177	18255	23,21	25,76	7,33
2021	Červen	212093	210553	1540	11,79	13,59	0,62

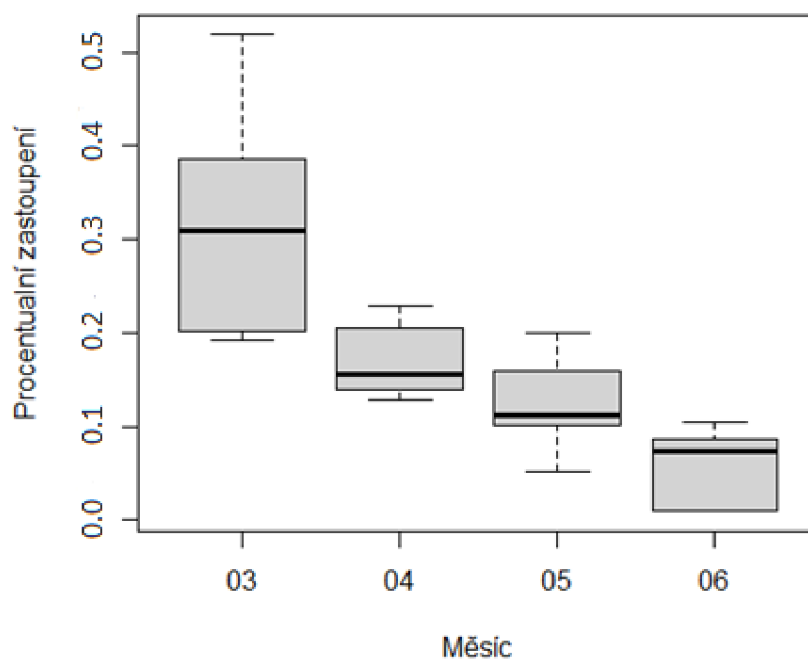
Tabulka č. 3: Celkové proporce a vývoj vhodného habitatu v zájmové oblasti.

### Celkový úbytek ploch



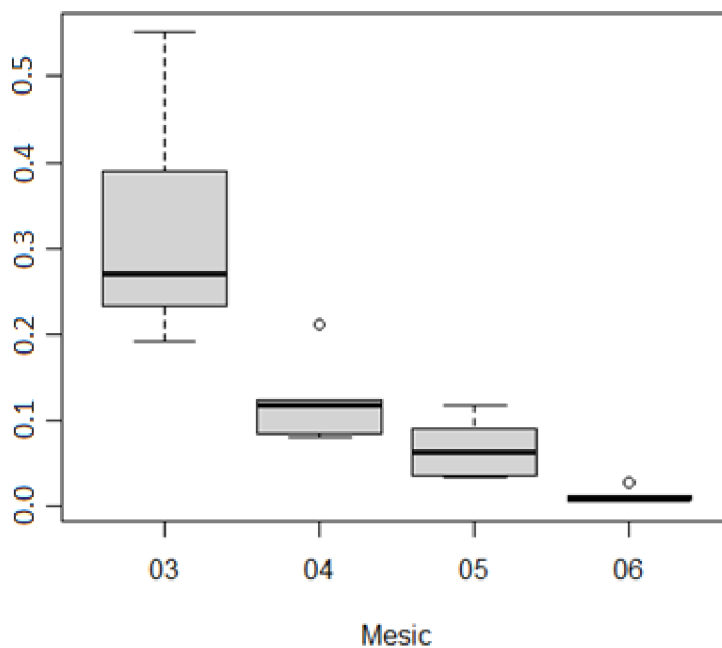
Graf č. 1: Celkový úbytek vhodných hnízdních habitatů skrze měsíce březen, duben, květen a červen v rozmezí let 2016 až 2021.

### Úbytek vhodné plochy na orné půdě



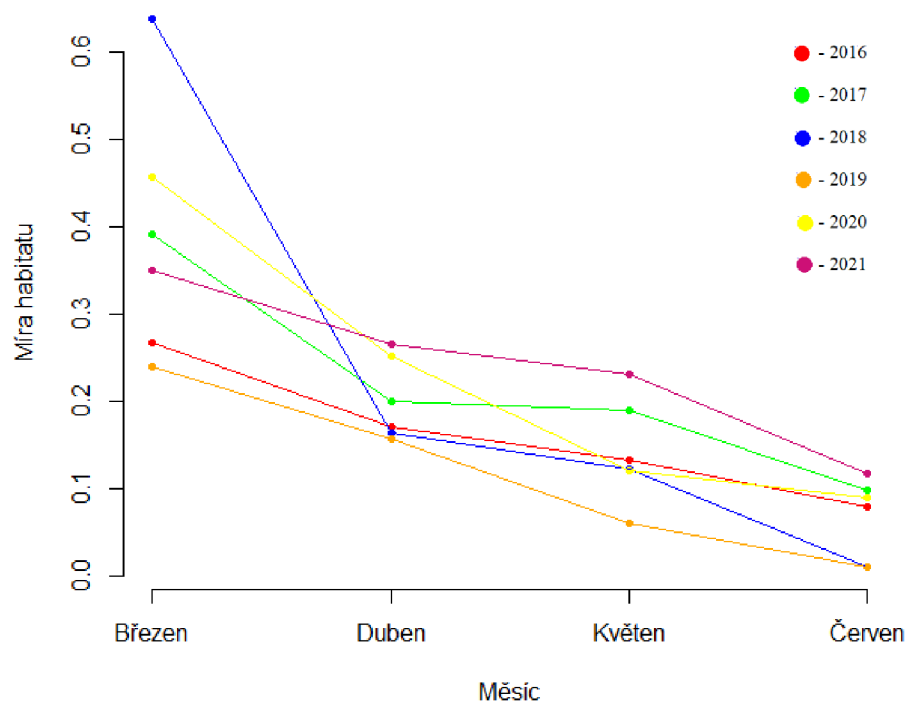
Graf č. 2: Úbytek vhodných hnízdních habitatů na orné půdě v rámci proporcí vhodného habitatu skrze měsíce březen, duben, květen a červen v rozmezí let 2016 až 2021.

### Úbytek vhodné plochy na rybnících



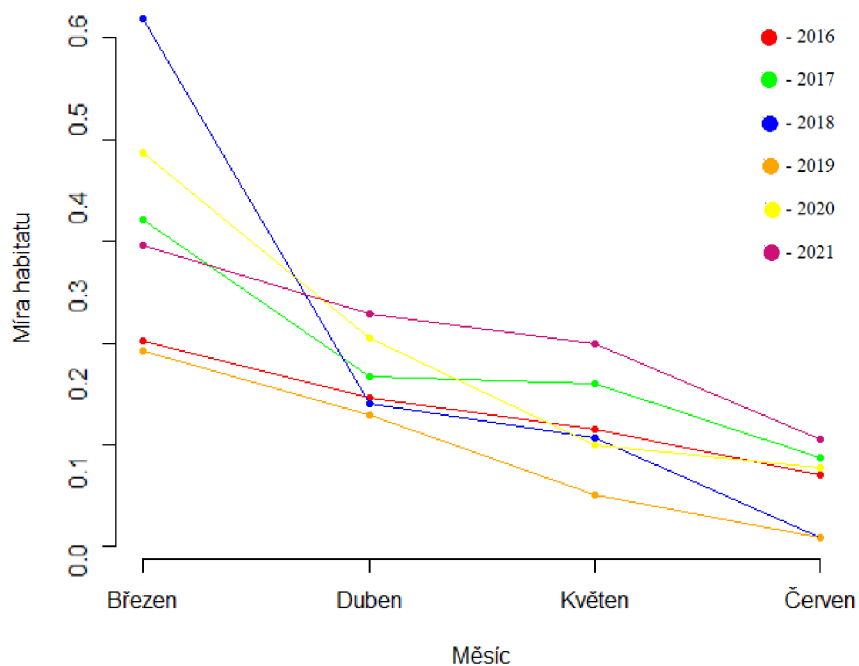
Graf č. 3: Úbytek vhodných hnízdních habitatů na rybnících v rámci proporcí vhodného habitatu skrze měsíce březen, duben, květen a červen v rozmezí let 2016 až 2021.

### Celkový úbytek habitatu



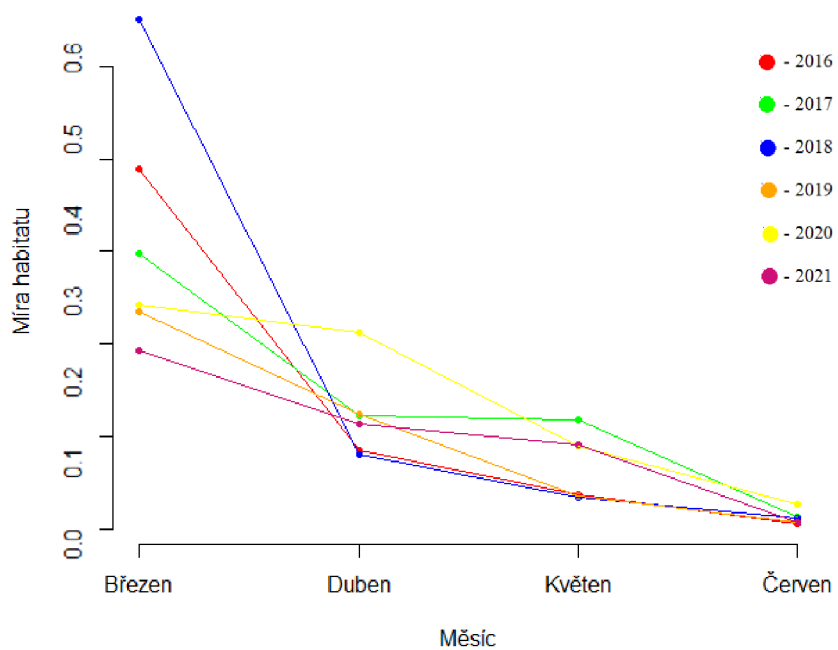
Graf č. 4: Úbytek celkových proporcí vhodné plochy mezi měsíci v rámci let.

### Úbytek habitatu na orné půdě



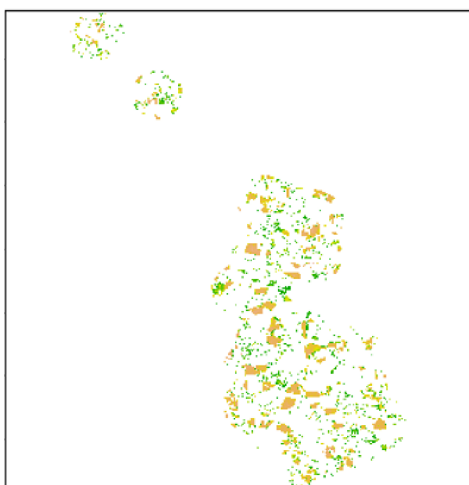
Graf č. 5: Úbytek proporcí vhodného habitatu na orné půdě mezi měsíci v rámci let.

### Úbytek habitatu na rybnících



Graf č. 6: Úbytek proporcí vhodného habitatu na rybnících mezi měsíci v rámci let.

Březen 2019



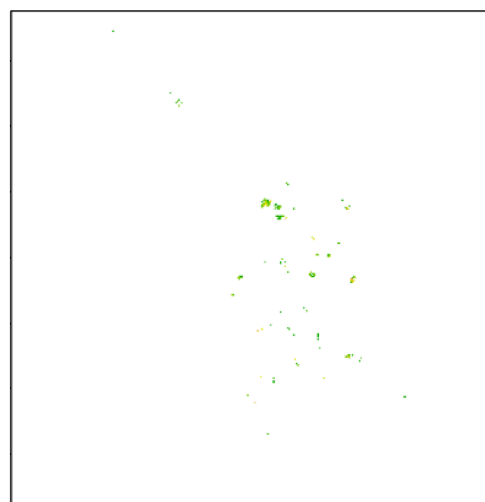
Duben 2019



Květen 2019



Červen 2019



Obrázek č. 9: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2019.  
Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.

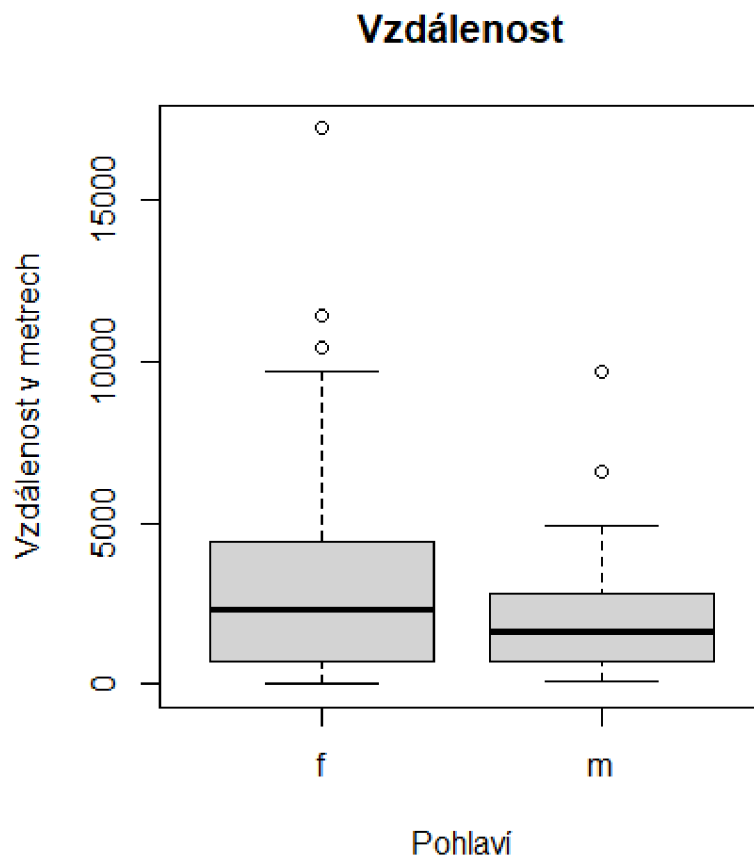
## 4.2. Fidelita a filopatrie

Celkem bylo analyzováno 56 hnízd. Z toho bylo 50 s opakovaným zahnízděním (fidelita) a 6 byla první známá nalezená hnízda (filopatrie). Výsledky analýzy znázorněné v grafu č. 7 nám udávají rozložení hnízd v rámci fidity a filopatrie v prostoru. Hnízda byla od místa zahnízdění v minulém roce (fidelita) rozmístěna průměrně do vzdálenosti 3,9 km (1,4 km - 17,8 km). U prvně nalezených hnízd (filopatrie) činila průměrná vzdálenost 5,4 km (1,3 km - 5,4 km). Výsledky byly otestovány Wilcoxonovým testem s výslednou p-hodnotou = 0,0721.



Graf č. 7: Vzdálenost mezi hnízdy vyjádřená v metrech v rámci fidity a filopatrie.

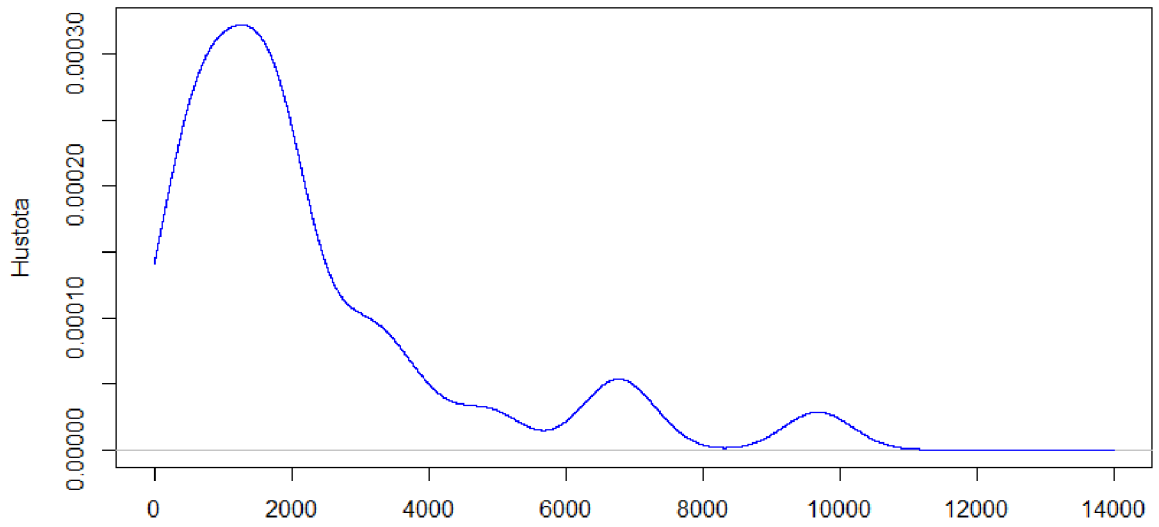
Dále byla provedena analýza na vzdálenosti od předcházejícího hnízdiště v rámci pohlaví (graf č. 8). Samci a samice se ve vzdálenostech neliší ( $p$  - hodnota = 0,5274, Wilcoxonův test).



Graf č. 8: Vzdálenost mezi hnízdy vyjádřená v metrech v rámci pohlaví.

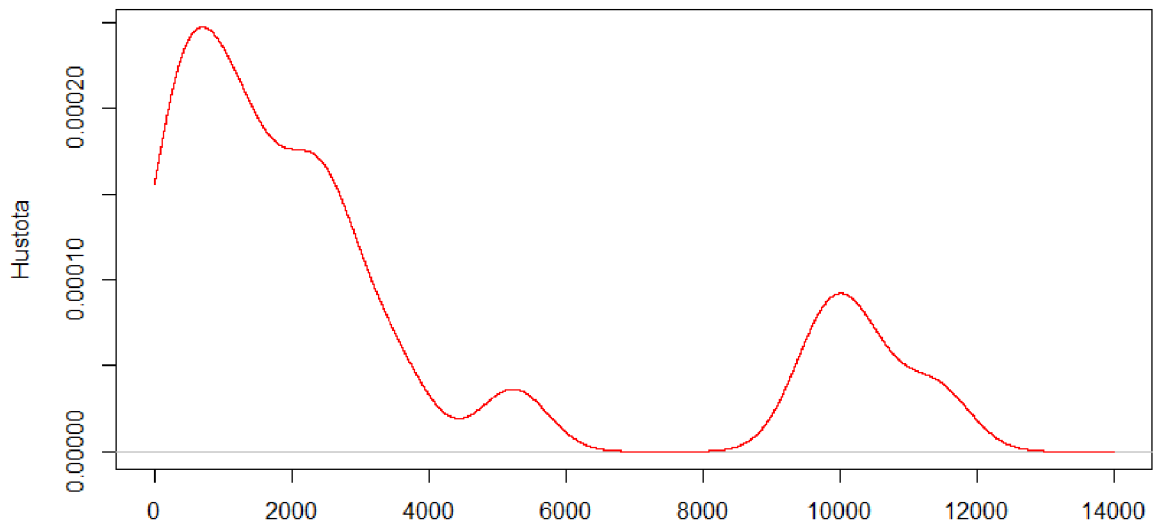
Analýza pravděpodobnosti rozdělení vzdáleností samců (graf č. 9) a samic (graf č. 10) v prostoru udává, že samci vykazují největší hustotu do 2 000 metrů. Následný trend je výrazně klesající. U samic je nejvyšší hustota okolo 1 000 metrů. Vysoká hustota je dále pozorovatelná až k hranici 2 500 metrů. Následuje rychlý pokles s mírným zvýšením ve vzdálenosti 5 000 metrů. Dále je viditelný nárůst hustoty v okruhu 10 000 metrů. U samic je tedy na rozdíl od samců více patrný druhý vrchol okolo vzdálenosti 10 km.

### Pravděpodobnostní rozdělení samců v prostoru



Graf č. 9: Pravděpodobnostní rozdělení samců v prostoru v rámci vhodného habitatu.

### Pravděpodobnostní rozdělení samic v prostoru

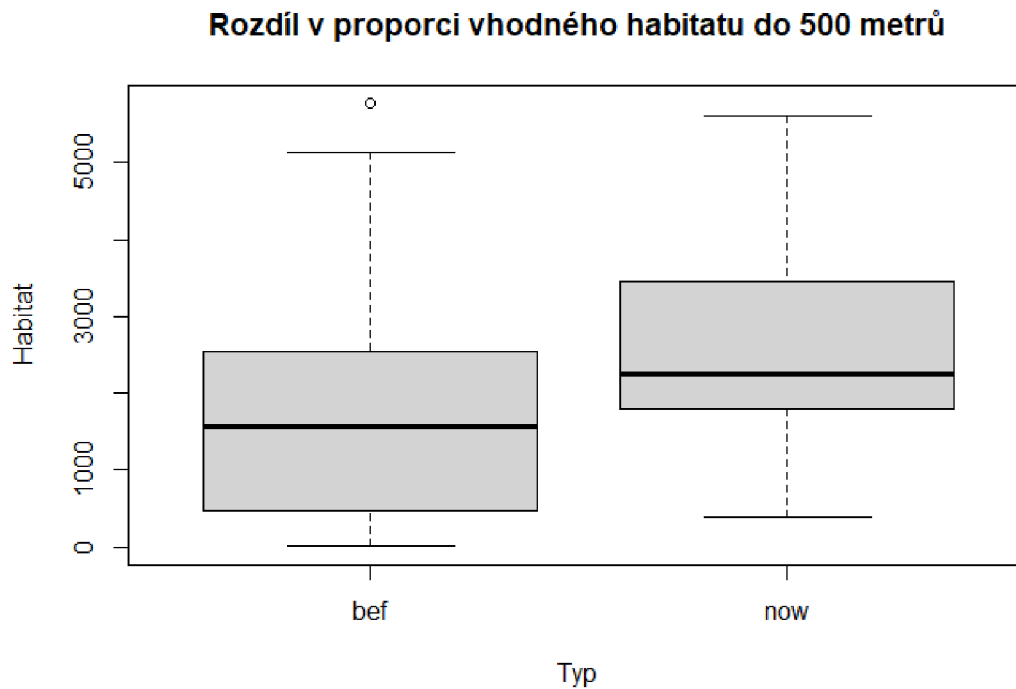


Graf č. 10: Pravděpodobnostní rozdělení samic v prostoru v rámci vhodného habitatu.



### 4.3. Vliv habitatu na fidelitu a filopatrii

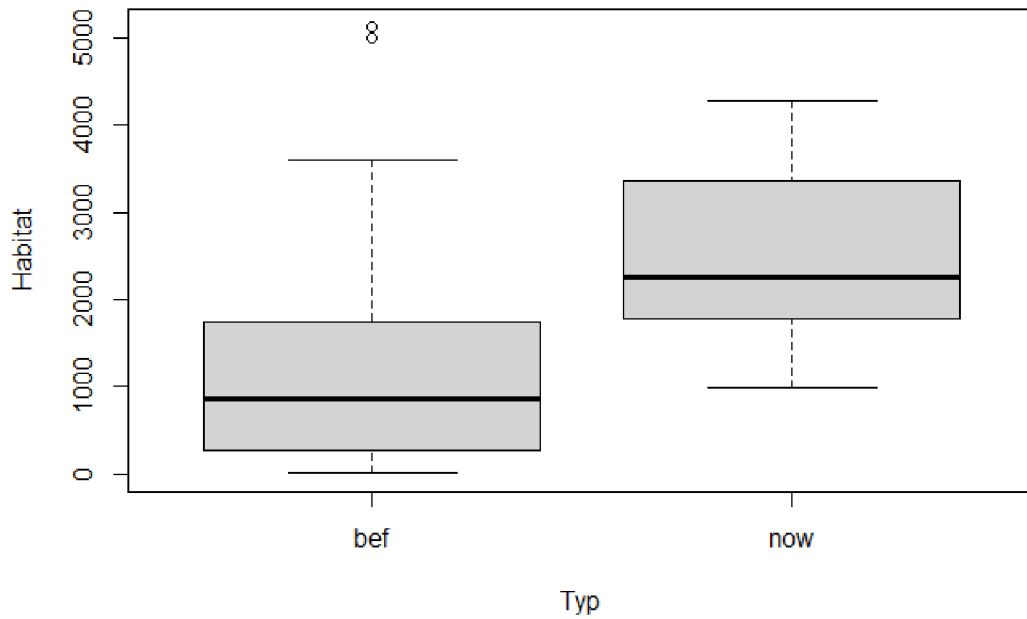
Výsledky analýzy míry vhodného habitatu během předešlého a současného hnízdění jsou zobrazeny v grafu č. 11. Jedná se o srovnání habitatu v nově zvoleném místě pro zahnízdění (now) s vhodností habitatu v případě návratu jedinců na předešlé místo hnízdění (bef). Analyzovaný byl prostor o rozloze 500 m v okolí hnízd. Wilcoxonův test měl výslednou p-hodnotu = 0,0275.



Graf č. 11: Rozdíl v proporcí vhodného hnízdního habitatu v okolí 500 metrů od předešlého a současného hnízda.

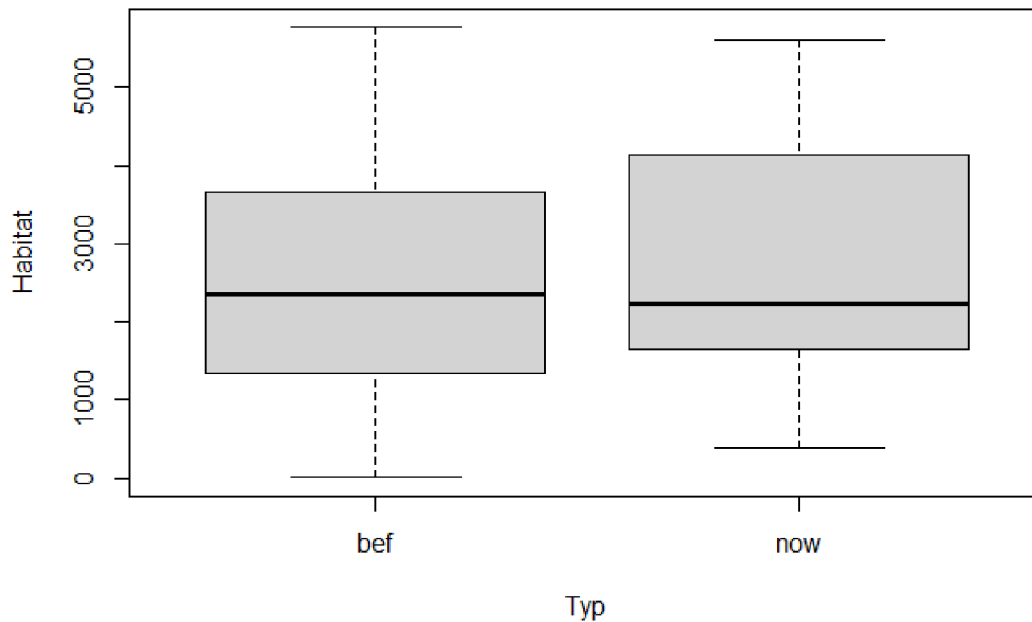
Dále byla srovnána fidelita samců (graf č. 12) a samic (graf č. 13) v prostoru za předpokladu, nacházel-li se na místě předešlého hnízdění stále vhodný habitat. Z výsledků vyplývá, že samci se v době výběru lokality pro hnízdo přemísťují na lokality s vyšší proporcí vhodného habitatu, pokud v přechozím místě pro ně již vhodný habitat není (p-hodnota=0,0114, Wilcoxonův test). U samic byla stejně jako u samců porovnávána vhodnost habitatu na místě současného zahnízdění s habitatem v místě minulého zahnízdění (p - hodnota = 0,668, Wilcoxonův test). Samice se zřejmě přesouvají za samcem bez ohledu na to, zda na místě předešlého hnízda je vhodný habitat.

### Rozdíl v proporcii vhodného habitatu v rámci výběru lokality u samců



Graf č. 12: Chování samců v rámci výběru lokality pro zahníždění v rámci dostupnosti vhodného habitatu v předešlém a současném hníždění.

### Rozdíl v proporcii vhodného habitatu v rámci výběru lokality u samic



Graf č. 13: Chování samic v rámci výběru lokality pro zahníždění v rámci dostupnosti vhodného habitatu v předešlém a současném hníždění.

V konečné části statistické analýzy byl vytvořen model závislosti fidelity na pohlaví a habitatu (tabulka č. 4). Z výsledků modelu vyplývá, že není prokázána závislost fidelity na pohlaví, habitatu a ani na interakci pohlaví a habitatu. Jedná se však o malý vzorek dat. Splněné předpoklady modelu jsou zobrazené v příloze č. 6.

Efekt	Odhad	Střední chyba průměru	P - hodnota
Pohlaví	-0.5594	0.3917	0.161
Habitat	0.5204	0.9774	0.597
Pohlaví a habitat	0.5557	1.4447	0.703

Tabulka č. 4: Výsledky modelu závislosti jednotlivých proměnných na fidelitu.

## 5. Diskuse

Z dostupného vzorku dat pro tuto diplomovou práci lze vypožorovat určité trendy, které se řídí obecnými teoriemi ohledně fidelity a filopatrie u ptáků (*Greenwood, 1980; Newton, 2008*). Obecně je míra fidelity poměrně signifikantní. Většina jedinců zahnízdí relativně blízko od svého předchozího hnízda. V rámci pohlaví jsou vzdálenosti podobné. U samců je zaznamenaný trend k vyšší míře věrnosti. Pro filopatrii je možné vypožorovat trend k vyšší vzdálenosti prvního nalezeného hnízda od hnízda narození. Při počtu 6 hnízd nelze toto tvrzení s jistotou potvrdit.

Vše bylo analyzováno v rámci proporcí vhodného habitatu a jeho změn v průběhu hnízdních sezón.

Z výsledků práce lze usuzovat určité závěry v případě fidelity. Celkový vzorek pro fidelitu činí 50. Z toho je 28 samců a 22 samic. Obecně mají obě pohlaví obdobnou míru fidelity, ale u samic pozorujeme více případů větších vzdáleností. Samci projevují jistou tendenci k vyšší míře fidelity v rámci zájmové oblasti. Samice se projevovaly vyšší mírou disperze v prostoru, než samci (graf č. 8). Je zajímavé, že v práci je u samců (graf č. 12) statisticky prokázána vyšší míra změn lokality pro zahnízdění než u samic (graf č. 13). Změny místa zahnízdění lze u samců vysvětlit změnami v dostupnosti vhodného habitatu. Pokud samec vyhodnotí místo svého předchozího hnízda jako nevyhovující, přesune se na vhodnější místo. Samice se pravděpodobně soustředí na nalezení vhodného samce. Po výběru vhodného samce se za ním následně přesune. Vysvětlovalo by to, proč je u samic trend k větší vzdálenosti mezi hnízdy. Celkově to lze interpretovat tak, že samci potřebují pro svůj úspěch vyhovující místo pro zahnízdění k nalákání samice, jak uvádí i Harvey et al. (1984), Drilling & Thompson (1988) a Pärt & Gustafsson (1989). Kdežto přesun samice za samcem souhlasí s menší náročností pro samici při hledání partnera. Dle Greenwood (1980) se samice tímto chováním vystavuje vyššímu riziku nižší úspěšnosti, menší snůšky a potencionálně i nižší míry rodičovské péče ze strany svého partnera. Filopatrie je zatížena malým vzorkem dat, jenž činí 6 hnízd z celkového počtu 56. Byl vypožorován trend, který prokazuje tvrzení ohledně vyšší vzdálenosti mezi prvním hnízdem a hnízdem narození. Počet dat pro filopatrii není statisticky signifikantní, přesto to souhlasí s tvrzením Newton (2008). Autor uvádí, že jedinec projevující filopatrii urazí při výběru vhodné lokality signifikantně větší vzdálenost mezi místem narození a místem jeho prvního zahnízdění. To souvisí s faktory jako jsou v první řadě zkušenosti a následně snaha o disperzi v rámci druhu.

V konečné části analýzy výsledků nebyla modelem prokázána závislost fidelity a filopatrie na habitatu, pohlaví a interakci habitatu s pohlavím.

Důležité je zmínit skutečnost, že v této práci nebyly do analýzy zahrnuty náhradní hnízda v rámci jedné sezóny z důvodu zkrácení analýzy fidelity a filopatrie v rámci různých hnízdních sezón. Pro potvrzení předložených výsledků je vhodné provést další studie.

Na výpočet míry vhodného habitatu v okolí minulého a současného hnízda byla použita vzdálenost do 500 metrů. Důvodem pro tuto hodnotu bylo zmapovat široký úsek oblasti okolo hnízd vzhledem k velikosti polí. Otázkou je, zda použití širší pásma 500 metrů jako rozsahu oblasti pro vyhodnocení habitatu je adekvátní. Pokud by vzdálenost byla nižší (například 200 m), existuje zde možnost, že měření by bylo přesnější. Vzdálenost 200 m použili ve své práci autoři Koma et al. (2022). Ti jako důvod pro volbu 200 m uvádějí znalosti ohledně známého rozsahu hnízdního teritoria modelových druhů. Modelovými druhy byly rákosník velký (*Acrocephalus arundinaceus*) a cvrčilka slavíková (*Locustella luscinioides*). Je důležité zmínit, že autoři se nezabývali mapováním habitatů v jakékoli spojitosti s fidelitou či filopatrií. Šlo pouze o snahu kvantifikovat dostupné metody v rámci mapování.

Vedlejším tématem práce bylo zmapování celkového vhodného habitatu pro druh kulíka říčního. Tento habitat byl dále rozdělen na proporce orné půdy a vodní plochy. Výzkumem vhodného hnízdního habitatu modelového druhu v Českobudějovické pánvi se již zabývala bakalářská práce Janoušek (2019). Při mapování byla využita satelitní data pořízená satelitem Sentinel - 2. Analyzovanými veličinami byly míra zamokření (NDWI) a vegetační pokryv (NDVI) a jeho změna v průběhu sezón v rámci let. Kombinací těchto indexů a analýzou provedenou podle metodiky v bakalářské práci Janoušek (2019) byl vyhodnocen optimální rozsah hodnot pro zahníždění. Tato data dále sloužila jako referenční bod, podle kterého byl určován vhodný habitat. Proporce vhodného habitatu na orné půdě v rozmezí let 2016 až 2021 byla meziročně v průměru 21,66 %. Proporce vhodného habitatu na rybnících (vodní plochy) činí v průměru meziročně 10,4 %. Celkové míra vhodného habitatu je v průběhu sezón meziročně 20,11 % z celkové plochy Českobudějovické pánve. Hnízda byla proporčně rozmístěna z 86,34 % na orné půdě a z 13,66 % na vodní ploše.

Úbytek celkové vhodné plochy je mezi měsíci březen a duben průměrně 18,88 %. Z toho je průměrný úbytek vhodné plochy na orné půdě mezi měsíci březen a duben 19,40 %. Dále je

z celkové proporce vhodného habitatu průměrný úbytek vhodné vodní plochy mezi měsíci březen a duben 15,66 %. Mezi měsíci duben a květen je průměrný úbytek celkové plochy 5,85 %. Z té činí průměrný úbytek orné půdy z měsíce duben na měsíc květen 6,08 %. Průměrný úbytek vhodného hnízdního habitatu na vodní ploše mezi měsíci duben a květen je 4,42 %. Změny mezi měsícem květen a posledním měsícem červen je z hlediska celkového habitatu průměrně 7,55 %. Z toho je průměr úbytku u orné půdy 8,04 % a u vodní plochy je průměr úbytku 4,47 %.

Existuje zde určitý vysledovatelný trend v rámci každoročního vývoje v zájmové oblasti. Dle údajů z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního má míra podílu orné půdy na Českobudějovicku velmi mírný klesající trend. V roce 2016 se jednalo o podíl 37,26 % z celkové rozlohy a v roce 2021 se jednalo o 37 %. Průměrná proporce orné půdy v oblasti za roky 2016 až 2021 je 37,15 %. Lze usuzovat, že nenastane-li radikální změna, bude mít modelový druh i v budoucnu k dispozici svůj hnízdní habitat na orné půdě. Co se týče rybníční soustavy, dostupnost habitatu závisí na způsobu jejich využívání a na managementu, zejména z hlediska letnění rybníků a dalších vodohospodářských činností.

Tyto změny v průběhu hnízdní sezóny jsou dle Green & Griffiths (1994) signifikantním limitujícím faktorem úspěšného vyvedení mláďat. Není-li v blízkosti hnízda vhodná plocha, z hlediska jejího úbytku v rámci sezóny, je zde výrazně vyšší riziko ztráty mláďat. Modelový druh pro tuto práci má dle del Hoyo et al. (1996) při výběru lokality pro zahnízdění stále stejné specifické preference pro svůj habitat. Je zde proto zvýšené riziko vzhledem k zahnízdění v pozdějších fázích sezóny z hlediska rychlého úbytku habitatu zejména z důvodu jeho zarůstání vegetací. Právě rychlé zarůstání vegetací v průběhu hnízdní sezóny může vést ke snížení schopnosti detekovat potenciální nebezpečí. Zarůstání vegetací sebou ovšem nese pouze negativa. Vhodný habitat sice ubývá, ale jsou-li mláďata již vylíhlá, mohou dle Winter et al. (2005) rodiče využít tento jev pro ochranu mláďat. Rodiče jsou tedy díky vyšší a hustší vegetaci schopni lépe schovávat své potomky.

V neposlední řadě je důležité zmínit satelitní data. Jak bylo již nastíněno v této práci, satelitní data jako taková nejsou dokonalá. Jsou zatíženy signifikantním množstvím chyb, se kterými je zapotřebí správně pracovat. V analýze satelitních snímků vykazovala data z měsíce květen 2017 a květen 2019 velmi silné atmosférické znečištění zejména z důvodu zvýšené míry oblačnosti v těchto měsících. Zbylá data tento problém neměla. Veškerá data byla zpracována dle principů atmosférické korekce. Tento proces je však sám o sobě určitým zkreslením dat. V nižší míře není dopad tohoto procesu signifikantní, avšak pro zmíněné měsíce představovala samotná atmosférická korekce problém z důvodu, že nebylo možné snímky zcela „vyčistit“. Toto je dle autorů Manatsa et al. (2008) primárním problémem satelitních dat.

Z hlediska této práce se jedná o zanedbatelný problém. Vyjma zmíněných měsíců květen 2017 a 2019 byla ostatní data v pořádku. Podávají nám tudíž velmi přesný popis habitatu na zájmovém území. Relevantnost výsledků za použití satelitu Sentinel - 2 potvrzuje práce Koma et al. (2022). Autoři zkoumali samotný proces mapování habitatů za pomoci různých metod. Byly jimi například satelity Sentinel - 1 a Sentinel - 2. Dle závěrů z jejich práce je Sentinel - 2 jednou z nejpřesnějších metod měření vlastností habitatu. Dle autorů se dá měření vylepšit například kombinací dat ze satelitu s daty poskytnutými LiDAREm.

## 6. Závěr

Primárním tématem této práce bylo zjistit míru fidelity a filopatrie u modelového druhu, kterým byl kulík říční. Vedlejším tématem bylo určení proporcí vhodného hnízdního habitatu v průběhu hnízdních sezón během let 2016 - 2021 za pomoci satelitních dat poskytnutá satelitem Sentinel - 2. Následně bylo cílem určit míru vhodného habitatu v okruhu 500 metrů na místě minulého a současného zahnízdění.

Byla zjištěna tendence k vyšší míře fidelity u samců než u samic. U samců byla zjištěna vyšší míra změny lokality do 500 metrů pro zahnízdění na vhodné lokalitě, změní-li se proporce vhodného habitatu na místě starého hnízda. U samic toto prokázáno nebylo.

Byl zaznamenán trend v rámci filopatrie, kde jedinci projevující toto chování hledají vhodné místo ve větší oblasti. Nicméně z důvodu nízkého počtu dat nelze filopatrii patřičně statisticky prokázat. I přes to tento trend koresponduje s platnými teoriemi ohledně filopatrie u ptáků.

Celkově byla fidelity a filopatrie zjišťována u 56 hnízd (50 pro fidelity a 6 pro filopatrii). Hnízda byla celkově proporčně rozmístěná z 86,34 % na orné půdě a z 13,66 % na vodní ploše.

Dále byla zjišťována míra proporcí vhodného habitatu v Českobudějovické pánvi. Ročně je průměrně celkové vhodné plochy pro zahnízdění 20,11 %. Z toho je roční průměr vhodné orné půdy jako hnízdní habitat 21,66 %. Z celkové vhodné plochy je poté hnízdního habitatu na vodních plochách 10,4 %. S postupem sezóny se proporce celkového vhodného habitatu změní průměrně o 10,76 %. Proporce orné půdy o 11,17 % a proporce vodních ploch o 8,18 %.



## 7. Zdroje

- Ankney, C. D., & MacInnes, C. D. (1978). Nutrient reserves and reproductive performance of female Lesser Snow Geese. *The Auk*, 95(3), 459-471.
- Arlettaz, R., Schaub, M., Fournier, J., Reichlin, T. S., Sierro, A., Watson, J. E. M., & Braunisch, V. (2010). From publications to public actions: When conservation biologists bridge the gap between research and implementation. *BioScience*, 60(10), 835–842. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.10.10>
- Bateson, Patrick. *Mate Choice*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. ISBN 978-0521272070.
- Baumann, Nathalie. (2006). Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. *Urban Habitats*. 4. 37-50.
- Bejček, Vladimír, Ivan Mikuláš, Karel Šťastný a Tomáš Telecký. *Atlas hnízdního rozšíření ptáků v ČR 2014-2017*. Praha: Aventinum, 2021. ISBN 978-80-7442-130-3.
- Berthold, Peter. *Bird Migration: A General Survey (Oxford Ornithology Series): 12*. 2. vydání. Oxford: Oxford University Press, 2001. ISBN 978-0198507871.
- Bertram G. Murray, Jr., *Ecological Adaptations for Breeding in Birds*, *The Auk*, Volume 86, Issue 4, 1 October 1969, Pages 774–777, <https://doi.org/10.2307/4083484>
- BirdLife International and Handbook of the Birds of the World (2019) 2019. *Charadrius dubius*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3
- Bollinger, E. K., & Gavin, T. A. (1989). The Effects of Site Quality on Breeding-Site Fidelity in Bobolinks (Vol. 106, Issue 4). <https://about.jstor.org/terms>

Brodsky, L. M., & Weatherhead, P. J. (1985). Time and Energy Constraints on Courtship in Wintering American Black Ducks (Vol. 87, Issue 1). <https://www.jstor.org/stable/1367128>

Cepáková, E., Šálek, M., Cepák, J., & Albrecht, T. (2007). Breeding of Little Ringed Plovers *Charadrius dubius* in farmland: Do nests in fields suffer from predation? *Bird Study*, 54(2), 284–288. <https://doi.org/10.1080/00063650709461487>.

Cole, E. F., Long, P. R., Zelazowski, P., Szulkin, M., & Sheldon, B. C. (2015). Predicting bird phenology from space: Satellite-derived vegetation green-up signal uncovers spatial variation in phenological synchrony between birds and their environment. *Ecology and Evolution*, 5(21), 5057–5074. <https://doi.org/10.1002/ece3.1745>.

Copernicus: O programu Copernicus [online]. 2022 [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://www.copernicus.eu/cs>

Copernicus: Sentinel [online]. 2016 [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <http://copernicus.gov.cz/druzice-sentinel>

Coulson, J. C. (2016). A review of philopatry in seabirds and comparisons with other waterbird species. In *Waterbirds* (Vol. 39, Issue 3, pp. 229–240). The Waterbird Society. <https://doi.org/10.1675/063.039.0302>

Cramp S. 1985. *The Birds of the Western Palearctic*. Vol. VI. - Oxford University Press, Oxford & New York

Cramp, S. 1985. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East, and North Africa*. The birds of the Western Palearctic, vol 4. Terns to Woodpeckers. Oxford University Press, Oxford & New York

Cramp, S.; Simmons, K.E.L.; Brooks, D.C.; Collar, N.J.; Dunn, E.; Gillmor, R.; Hollom, P.A.D.; Hudson, R.; Nicholson, E.M.; Ogilvie, M.A.; Olney, P.J.S.; Roselaar, C.S.; Voous, K.H.; Wallace, D.I.M.; Wattle, J.; Wilson, M.G. (1983). *Handbook of the birds*

of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic: 3. Waders to gulls. Oxford University Press: Oxford. ISBN 0-19-857506-8. 913 pp.

Custom-scripts: Sentinel-2 RS indices [online]. [cit. 2020-06-27]. Dostupné z: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/indexdb/>

David C. Houston 1974. Food searching in griffon vultures. In Wildl. J (Vol. 12). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.1974.tb00107.x>

Defries, R.S. and Townshend, J.R.G. (1999) Global land cover characterization from satellite data: from research to operational implementation? Global Ecol. Biogeogr. 8, 367–379.

Del Hoyo, Josep, Andrew Elliott a Jordi Sargatal. Handbook of the Birds of the World: Volume 3: Hoatzin to Auks. Barcelona: Lynx Edicions, 1996. ISBN 8487334202.

Dierschke, Volker. Ptáci: nový průvodce přírodou. V Praze: Knižní klub, 2009. Nový průvodce přírodou. ISBN 978-80-242-2193-9.

Doherty, P. F., Nichols, J. D., Tautin, J., Voelzer, J. F., Smith, G. W., Benning, D. S., Bentley, V. R., Bidwell, J. K., Bollinger, K. S., Brazda, A. R., Buelna, E. K., Goldsberry, J. R., King, R. J., Roetker, F. H., Solberg, J. W., Thorpe, P. P., & Wortham, J. S. (n.d.). Sources of variation in breeding-ground fidelity of mallards (*Anas platyrhynchos*). In Behavioral Ecology (Vol. 13). <https://academic.oup.com/beheco/article/13/4/543/208083>

Doligez, B., Danchin, E., Clobert, J., & Gustafsson, L. (1999.). The use of conspecific reproductive success for breeding habitat selection in a non-colonial, hole-nesting species, the collared flycatcher. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00362.x>

Donald, P. F., Kamp, J., Green, R. E., Urazaliyev, R., Koshkin, M., & Sheldon, R. D. (2021). Migration strategy, site fidelity and population size of the globally threatened Sociable

- Lapwing *Vanellus gregarius*. *Journal of Ornithology*, 162(2), 349–367.  
<https://doi.org/10.1007/s10336-020-01844-y>
- Drilling, N. E., & Thompson, C. F. (1988.). Natal and breeding dispersal in house wrens (troglodytes aedon). <https://academic.oup.com/auk/article/105/3/480/5193142>
- European Space Agency. ESA: Copernicus Open Access Hub. *Sentinel: Online* [online]. Europe: ESA, 2022, 2022 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
- ESA: This is ESA [online]. 2020 [cit. 2022-03-24]. Dostupné z: <https://www.esa.int/>
- Fahrig, L., & Merriam, G. (1994). Conservation of Fragmented Populations. *Conservation Biology*, 8(1), 50–59. doi:10.1046/j.1523-1739.1994.08010050.x
- Fournier', J., & Arletraz2a3, R. (2001). Food provision to nestlings in the Hoopoe *Upupa epops*: implications for the conservation of a small endangered population in the Swiss Alps. In *Ibis* (Vol. 143).
- Franklin, S.E. and Wulder, M.A. (2002) Remote sensing methods in medium spatial resolution satellite data land cover classification of large areas. *Progr. Phys. Geogr.* 26, 173–205.
- Gadgil, M. (1971). Dispersal: population consequences and evolution. *Ecology*, 52(2), 253–261.
- Galbraith H (1988) Effects of agriculture on the breeding ecology of Lapwings *Vanellus vanellus*. *J Anim Ecol* 25:487–503.
- Gao, B.-C. (1996). Naval Research Laboratory, 4555 Overlook Ave. *Remote Sens. Environ.* 72(12)(April 1995), 257–266.

- Gavin, T. A., & Bollinger, E. K. (1988). Reproductive correlates of breeding-site fidelity in Bobolinks (*Dolichonyx oryzivorus*). *Ecology*, 69(1), 96-103. <https://doi.org/10.2307/1943164>
- GisGeography: Sentinel 2 Bands and Combinations [online]. 2020 [cit. 2022-01-06]. Dostupné z: <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>
- Gratto, C. L., Morrison, R. I. G., & Cooke, F. (n.d.). philopatry, site tenacity, and mate fidelity in the semipalmated sandpiper. <https://academic.oup.com/auk/article/102/1/16/5186223>
- Green, R. E., & Griffiths, D. G. H. (1994). Use of preferred nesting habitat by stone curlews *Burhinus oedicnemus* in relation to vegetation structure. In *J. Zool., Lond* (Vol. 233).
- Greenwood, P. J. (1980). Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. In *Anita. Behav* (Vol. 28). [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(80\)80103-5](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(80)80103-5)
- Greenwood, P. J. (1987). Inbreeding, philopatry and optimal outbreeding in birds. *Avian genetics: A population and ecological approach*, 207-222.
- Greenwood, P. J., & Harvey, P. H. (1976). The Adaptive Significance of Variation in Breeding Area Fidelity of the Blackbird (*Turdus merula* L.). In *Source: Journal of Animal Ecology* (Vol. 45, Issue 3). <https://www.jstor.org/stable/3587>
- Greenwood, P. J., & Harvey, P. H. (1982). The natal and breeding dispersal of birds. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.13.110182.000245>
- Greenwood, P. J., Harvey, P. H., & Perrins, C. M. (1978). Inbreeding and dispersal in the great tit. *Nature*, 271(5640), 52-54.
- Grimmett, R.; Inskipp, C.; Inskipp, T. 1998. *Birds of the Indian Subcontinent*. Christopher Helm, London.

- Haas, C. A. (1998). Effects Of Prior Nesting Success On Site Fidelity And Breeding Dispersal: An Experimental Approach. In *The Auk* (Vol. 115, Issue 4).  
<https://academic.oup.com/auk/article/115/4/929/5172391>
- Hagemeijer, Ward J. M. a Michael J Blair. *The EBCC Atlas of European Breeding Birds: their distribution and abundance*. Londýn: T & A D Poyser, 1997. ISBN 0-85661-091-7.
- Haig, S. M., & Oring, L. W. (1988). Mate, site, and territory fidelity in piping plovers.  
<https://academic.oup.com/auk/article/105/2/268/5192787>
- Harvey, P. H., Greenwood, P. J., Campbell, B., & Stenning, M. J. (1984). Breeding Dispersal of the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). In *Source: Journal of Animal Ecology* (Vol. 53, Issue 3).
- Harvey, P. H., Greenwood, P. J., Perrins, C. M., Greenwoodt, P. J., & Perrinst, C. M. (1979). Breeding Area Fidelity of Great Tits (*Parus major*). In *Source: Journal of Animal Ecology* (Vol. 48, Issue 1).
- Hayman, P.; Marchant, J.; Prater, A. J. 1986. *Shorebirds*. Croom Helm, London.
- Hayman, Peter, John Marchant a Tony Prater. *Shorebirds: An Identification Guide to the Waders of the World*. Boston: Houghton Mifflin, 1991. ISBN 0395602378.
- Hepp, G. G., And, & Kennamer, R. G. (1992). Characteristics and consequences of nest-site fidelity in wood ducks. In *The Auk* (Vol. 109, Issue 4).  
<https://academic.oup.com/auk/article/109/4/812/5172923>
- Hinde, A. (1956). The biological significance of the territories of birds. *Ibis*, 98(3), 340-369.
- Hoover, J. P. (2003). Decision rules for site fidelity in a migratory bird, the prothonotary warbler. In *Ecology* (Vol. 84, Issue 2).

- Hudec, Karel a Karel Šťastný. Ptáci: Aves. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Academia, 2005. Fauna ČR. ISBN 80-200-1114-5.
- Hunt, Eric D., Kenneth G. Hubbard, Donald A. Wilhite, Timothy J. Arkebauer a Allen L. Dutcher. The development and evaluation of a soil moisture index. *International Journal of Climatology*. 2009. DOI: 10.1002/joc.1749. ISSN 08998418. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.1749>.
- Hurt, G. C., Rosentrater, L., Froking, S., & Moore, B. (2001). Linking remote-sensing estimates of land cover and census statistics on land use to produce maps of land use of the conterminous United States. *Global Biogeochemical Cycles*, 15(3), 673–685. <https://doi.org/10.1029/2000GB001299>
- Koma, Z., Seijmonsbergen, A. C., Grootes, M. W., Nattino, F., Groot, J., Sierdsema, H., Foppen, R. P. B., & Kissling, W. D. (2022). Better together? Assessing different remote sensing products for predicting habitat suitability of wetland birds. *Diversity and Distributions*, 28(4), 685–699. <https://doi.org/10.1111/ddi.13468>
- Jackson, D. B. (1994). Breeding dispersal and site-fidelity in three monogamous wader species in the Western Isles, UK. *Ibis*, 136(4), 463-473.
- Janoušek, Matěj. Hnízdní habitat kulíka říčního (*Charadrius dubius*) na orné půdě. Praha, 2019. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Mgr. Martin Sládeček, Ph.D.
- Jennings, M.D. (2000) Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape Ecol.* 15, 5–20
- Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G., & Zhang, X. (2006). Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sensing of Environment*, 101(3), 366–378. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.01.003>.

- Johnsgard, P. A., & Johnsgard, P. A. (1981). *The plovers, sandpipers, and snipes of the world*. University of Nebraska Press.
- Kear, Janet (2005). *Ducks, Geese and Swans: Species Accounts Caairina to Mergus*. Oxford: Oxford University Press, 2005. ISBN 0198610092.
- Kempenaers, B., & Valcu, M. (2017). Breeding site sampling across the Arctic by individual males of a polygynous shorebird. *Nature*, 541(7638), 528–531. <https://doi.org/10.1038/nature20813>
- Kenamer, R. A., & Hepp, G. R. (1987). Frequency and Timing of Second Broods in Wood Ducks (Vol. 99, Issue 4). <https://about.jstor.org/terms>
- Kerr, J. T., & Ostrovsky, M. (2003). From space to species: Ecological applications for remote sensing. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(6), 299–305. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00071-5).
- Kerr, J. T., Southwood, T. R., & Cihlar, J. (2001). Remotely sensed habitat diversity predicts butterfly species richness and community similarity in Canada. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(20), 11365–11370. <https://doi.org/10.1073/pnas.201398398>
- Kogan, F.N., 1995: Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bulletin of the American Meteorology Society*, 76(5):655–668. DOI: 10.1175/1520-0477(1995)076<0655:DOTLIT>2.0.CO;2.
- Lack, David. *Ecological Adaptations for Breeding in Birds*. Londýn: Chapman & Hall, 1968. ISBN 978-0412112201.
- Landsat: About. Landsat Science [online]. 2020 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/>



- Lanius, Roger D., John M. Logsdon a Robert W. Smith, ed. Reconsidering Sputnik: Forty Years Since the Soviet Satellite. Psychology Press, 2000. ISBN 978-1138012240.
- Lawrence, E. and I. F. Henderson. 1989. Henderson's dictionary of biological terms, 10th ed. Longman Scientific and Technical, Harlow, U.K.
- Lenington, S., & Mace, T. (1975). Mate Fidelity and Nesting Site Tenacity in the Killdeer (Vol. 92, Issue 1). <https://www.jstor.org/stable/4084431>
- Levin, D. A. (1970). Reinforcement of reproductive isolation: plants versus animals. The American Naturalist, 104(940), 571-581.
- Lidicker W. Z., Jr. 1975. The role of dispersal in the demography of small mammals. Pages 103-128 in F. B. Golley, K. Petruszewicz, and L. Ryszkowski, eds. Small mammals: their productivity and population dynamics. Cambridge University Press,
- Little Ringed Plover *Charadrius dubius* [online]. online: British trust for ornitology [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://app.bto.org/birdfacts/results/bob4690.htm>
- Main-Knorn, M., Pflug, B., Debaecker, V., & Louis, J. (2015). Calibration and validation plan for the I2A processor and products of the Sentinel-2 mission. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives, 40(7W3), 1249–1255. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-1249-2015>.
- Manatsa, D., Chingombe, W., & Matarira, C. H. (2008). The impact of the positive Indian Ocean dipole on Zimbabwe droughts Tropical climate is understood to be dominated by. International Journal of Climatology, 2029 (March 2008), 2011–2029. <https://doi.org/10.1002/joc>.
- Mann, Adam. Space.com: What Was the Space Race? [online]. 7.8.2019 [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.space.com/space-race.html>

- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.
- Newton, I. & Marquiss, M. 1982: Fidelity to breeding area and mate in sparrowhawks *Accipiter nisus*. *Journal of Animal Ecology* 51: 327-341.
- Newton, I. 2008: Site-fidelity and dispersal. *Migration ecology of birds* (ed. Newton, I.), 479-494. Newton, Ian. *The Migration Ecology of Birds*. Londýn: Academic Press, 2008. ISBN 978-0-12-517367-4.
- Nichols, J. D., & Hines, J. E. (1987). Population ecology of the mallard VIII: Winter distribution patterns and survival rates of winter-banded mallards (No. 162). US Fish and Wildlife Service.
- Oring, L.W., Lank, D.B. (1982) Sexual selection, arrival times, philopatry and site fidelity in the polyandrous spotted sandpiper. *Behav Ecol Sociobiol* 10, 185–191. <https://doi.org/10.1007/BF00299684>
- Owen, Myrfin a Jeffrey M. Black. *Waterfowl ecology*. Glasgow: Blackie, 1990. ISBN 0-216-92675-0.
- Pärt, T. (1991). Philopatry pays: a comparison between collared flycatcher sisters. *The American Naturalist*, 138(3), 790-796.
- Part, T., & Gustafsson, L. (1989). Breeding Dispersal in the Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*): Possible Causes and Reproductive Consequences. In *Source: Journal of Animal Ecology* (Vol. 58, Issue 1).

- Pasinelli, G., Müller, M., Schaub, M. et al. Possible causes and consequences of philopatry and breeding dispersal in red-backed shrikes *Lanius collurio*. *Behav Ecol Sociobiol* 61, 1061–1074 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0339-1>
- Paton, P. W. C., Edwards, T. C., & Tm, J. R. (1996). Factors Affecting Interannual Movements Of Snowy Plovers. In *The Auk* (Vol. 113, Issue 3). <https://academic.oup.com/auk/article/113/3/534/5168244>
- Pattenden, R. K., & Boag, D. A. (1989). Effects of body mass on courtship, pairing, and reproduction in captive mallards. *Canadian Journal of Zoology*, 67(2), 495-501. Press, Oxford & New York.
- Pyle, P., Sydeman, W. J., & Hester, M. (2001). Effects of age, breeding experience, mate fidelity and site fidelity on breeding performance in a declining population of Cassin's auklets. In *Journal of Animal Ecology* (Vol. 70).
- Radford, A. N., Mc Cleery, R. H., Woodburn, R. J. W., & Morecroft, M. D. (2001). Activity patterns of parent great tits *parus major* feeding their young during rainfall. *Bird Study*, 48(2), 214–220. <https://doi.org/10.1080/00063650109461220>
- Ratcliffe, D. A. 1974. Ecological Effects of Mineral Exploitation in the United Kingdom and their Significance to Nature Conservation. *Proceedings of the Royal Society of London Series A* 339(1618): 355-372.
- Raveling, D. G. (1969). Social Classes of Canada Geese in Winter. In *Source: The Journal of Wildlife Management* (Vol. 33, Issue 2). <https://www.jstor.org/stable/3799830>
- Raveling, D. G., & Heitmeyer, M. E. (1989). Relationships of Population Size and Recruitment of Pintails to Habitat Conditions and Harvest. In *Source: The Journal of Wildlife Management* (Vol. 53, Issue 4). <https://about.jstor.org/terms>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- Reeve, E. (1989). Henderson's Dictionary of Biological Terms. 10th Edition. Edited by Eleanor Lawrence. Harlow, Essex: Longman Group UK, 1989. ISBN 0 582 46362 9. *Genetical Research*, 54(2), 164-164. doi:10.1017/S0016672300028585
- Richards, J.A. (1993) *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer-Verlag.
- Robert J. Hijmans (2019). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.8-19. <https://CRAN.R-project.org/package=raster>
- Robertson L3, G. J., & Cooke, F. (1999). WINTER PHILOPATRY IN MIGRATORY WATERFOWL. In *The Auk* (Vol. 116, Issue 1). <https://academic.oup.com/auk/article/116/1/20/5172444>
- Robinson, R.A. (2005) *BirdFacts: profiles of birds occurring in Britain & Ireland*. BTO, Thetford (<http://www.bto.org/birdfacts>, accessed on 28 March 2022)
- Rockwell, R. F., & Barrowclough, G. F. (1987). Gene flow and the genetic structure of populations. In *Avian genetics* (pp. 223-255). Academic Press.
- Roger Bivand and Colin Rundel (2018). rgeos: Interface to Geometry Engine - Open Source ('GEOS'). R package version 0.4-2. <https://CRAN.R-project.org/package=rgeos>
- Rohwer F.C., Anderson M.G. (1988) Female-Biased Philopatry, Monogamy, and the Timing of Pair Formation in Migratory Waterfowl. In: Johnston R.F. (eds) *Current Ornithology*. *Current Ornithology*, vol 5. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6787-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6787-5_4)
- Rouse, J.W. – Haas, R.H. – Schell, J.A. – Deering, D.W. (1973): Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third 80 ERTS Symposium, NASA SP-351, pp. 309-317.

- Rowley, Ian. (1983) Re-mating in birds. In: Bateson, P. (ed.), editor/s. Mate choice. Cambridge: Cambridge University press. 331-60.  
<http://hdl.handle.net/102.100.100/285003?index=1>
- Saalfeld, S. T. & Lanctot, R. B. Conservative and opportunistic settlement strategies in Arctic-breeding shorebirds. *Auk* 132, 212–234 (2015).
- Santangeli A, Lehikoinen A, Bock A, Peltonen-sainio P, Jauhiainen L, Girardello M, Valkama J (2018) Stronger response of farm- land birds than farmers to climate change leads to the emergence of an ecological trap. *Biol Conserv* 217:166–172. <https://doi.org/10.1016/j.bioco n.2017.11.002>
- Sarah T. Saalfeld, Richard B. Lanctot, (2015) Conservative and opportunistic settlement strategies in Arctic-breeding shorebirds, *The Auk*, Volume 132, Issue 1, <https://doi.org/10.1642/AUK-13-193.1>
- Saunders, D. A., Hobbs, R. J., & Margules, C. R. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*, 5(1), 18–32. doi:10.1111/j.1523-1739.1991.tb00384.x
- Saveraid, Erika & Debinski, Diane & Kindscher, Kelly & Jakubauskas, Mark. (2001). A comparison of satellite data and landscape variables in predicting bird species occurrences in the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. *Landscape Ecology*. 16. 71-83. 10.1023/A:1008119219788.
- Senner, N. R., Hochachka, W. M., Fox, J. W., & Afanasyev, V. (2014). An exception to the rule: carry-over effects do not accumulate in a long-distance migratory bird. *PLoS One*, 9(2), e86588.
- Sentinel - 2: Data Products. The European space agency: Missions [online]. 2022 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products>

Sentinel - 2: User guides [online]. Online: ESA, 2022 [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a>

Shields, William M. (1983) *Philopatry, Inbreeding, and the Evolution of Sex*. Albany: SUNY Press, 1983. ISBN 978-0873956178.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2021. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2022. ISBN 978-80-88197-27-0. ISSN 1804-2422.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2020. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2021. ISBN 978-80-88197-21-8. ISSN 1804-2422.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2019. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2020. ISBN 978-80-88197-15-7. ISSN 1804-2422.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2018. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2019. ISBN 978-80-88197-11-9. ISSN 1804-2422.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2017. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2018. ISBN 978-80-88197-02-7. ISSN 1804-2422.

Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky: Stav ke dni 31. prosince 2016. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2017. ISBN 978-80-86918-98-3. ISSN 1804-2422.

- Steven A. Sader , George V. N. Powell & John H. Rappole (1991) Migratory bird habitat monitoring through remote sensing, *International Journal of Remote Sensing*, 12:3, 363-372, DOI: 10.1080/01431169108929658.
- Styrsky, J. N. (2005.). Influence Of Predation On Nest-Site Reuse By An Open-Cup Nesting Neotropical Passerine. <https://academic.oup.com/condor/article/107/1/133/5563428>
- T. D. Williams, S. Rodwell (1992) Annual Variation in Return Rate, Mate and Nest-Site Fidelity in Breeding Gentoo and Macaroni Penguins, *The Condor*, Volume 94, Issue 3, 1 August 1992, Pages 636–645, <https://doi.org/10.2307/1369249>
- Tarpley, J.D., S.R. Schneider and R.L. Money, 1984: Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 23:491–494. DOI: 10.1175/1520-0450(1984)023<0491:GVIFTN>2.0.CO;2.
- Terry P. Wiens, & Cuthbert, F. J. (1988). Nest-Site Tenacity and Mate Retention of the Piping Plover. *The Wilson Bulletin*, 100(4), 545–553. <http://www.jstor.org/stable/4162643>
- The IUCN Red List of Threatened Species [online]. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. [cit. 2022-02-25]. Dostupné z: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- Thompson, P. S., & Hale, W. G. (1989). Breeding site fidelity and natal philopatry in the Redshank *Tringa totanus*. *Ibis*, 131(2), 214-224.
- Thornhill, Nancy Wilmsen. *The Natural History of Inbreeding and Outbreeding: Theoretical and Empirical Perspectives (Studies in Crime and Justice)*. (1993) Chicago: University of Chicago Press, 1993. ISBN 978-0226798547.
- Travis J. M. J. & C. Dytham. 1999. Habitat persistence, habitat availability and the evolution of dispersal. *Proceedings of the Royal Society of London series B* 266: 723–728.
- Urban, Emil K., C. Hilary Fry, Stuart Keith, Martin Woodcock a Ian Willis. (1986) *The Birds of Africa: Volume 2*. Cambridge: Academic Press. ISBN 0121373029.



- van Päässen AG, Veldman DH, Beintema AJ (1984) A simple device for determination of incubation stages in eggs. *Wildfowl* 35:173–178
- Vardanis, Y., Klaassen, R. H., Strandberg, R., & Alerstam, T. (2011). Individuality in bird migration: routes and timing. *Biology letters*, 7(4), 502-505.
- Veistola, S., Lehikoinen, E., & Eeva, T. (1997). Weather and breeding success at high latitudes—the pied flycatcher *Ficedula hypoleuca* and the Siberian tit *Parus cinctus*. *Ornis Fennica*, 74(2), 89-98.
- Vozabulová, E., Sládeček, M., & Šálek, M. (2019). Old habits in a new habitat: breeding requirements of the Little Ringed Plover fit into intensively managed arable land. *Journal of Ornithology*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01738-8>.
- Weatherhead, P. J., & Forbes, M. R. L. (1994). Natal philopatry in passerine birds: Genetic or ecological influences? *Behavioral Ecology*, 5(4), 426–433. <https://doi.org/10.1093/beheco/5.4.426>
- Wetlands International (2022). "Waterbird Population Estimates". Retrieved from [wpe.wetlands.org](http://wpe.wetlands.org) on Saturday 12 Feb 2022
- WINTER, M., JOHNSON, D. H., & SHAFFER, J. A. (2005). Variability in Vegetation Effects on Density and Nesting Success of Grassland Birds. *Journal of Wildlife Management*, 69(1), 185–197. [https://doi.org/10.2193/0022-541x\(2005\)069<0185:viveod>2.0.co;2](https://doi.org/10.2193/0022-541x(2005)069<0185:viveod>2.0.co;2)
- Yoder, J. M., Marschall, E. A., & Swanson, D. A. (2004). The cost of dispersal: Predation as a function of movement and site familiarity in ruffed grouse. *Behavioral Ecology*, 15(3), 469–476. <https://doi.org/10.1093/beheco/arh037>
- Zámečník V, Kubelka V, Šálek M (2017) Visible marking of wader nests to avoid damage by farmers does not increase nest predation. *Bird Conserv Int* 28:293–301. <https://doi.org/10.1017/S0959270916000617>

## Přílohy

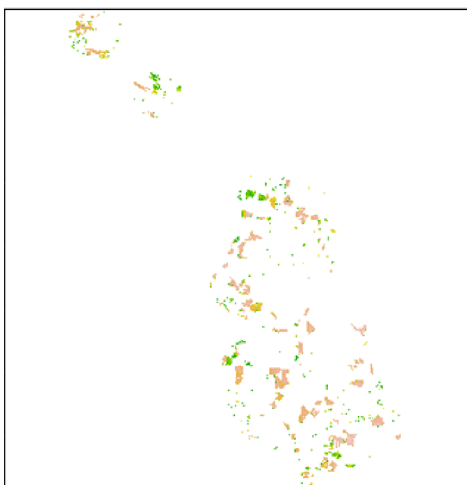
Březen 2016



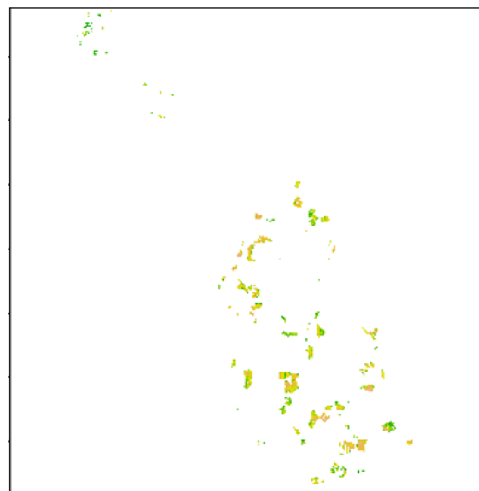
Duben 2016



Květen 2016



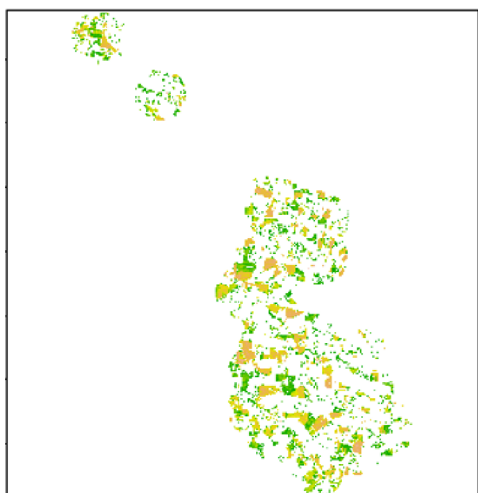
Červen 2016



Příloha č. 1: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2016.

Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.

Březen 2017



Duben 2017



Květen 2017



Červen 2017



Příloha č. 2: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2017.  
Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.

Březen 2018



Duben 2018



Květen 2018

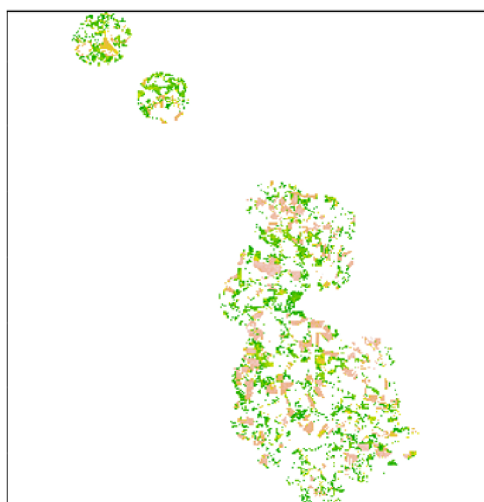


Červen 2018

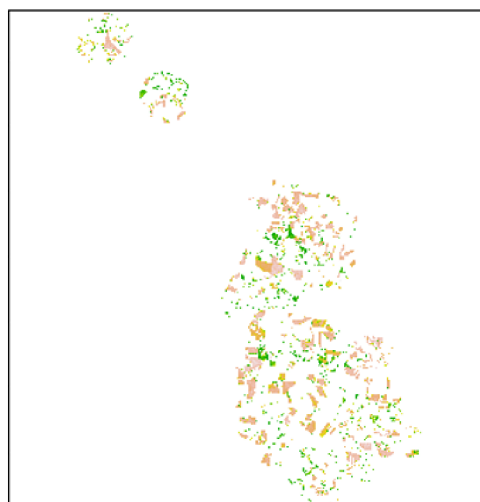


Příloha č. 3: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2018.  
Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.

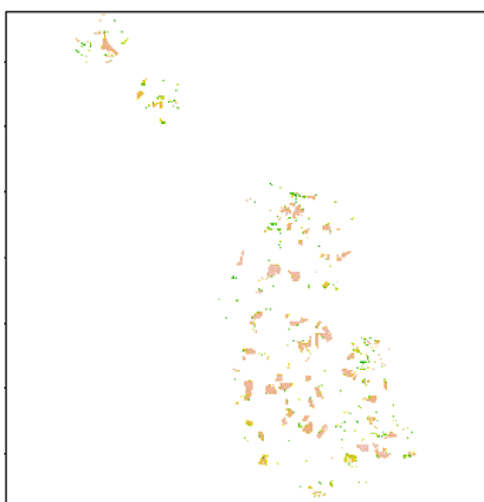
Březen 2020



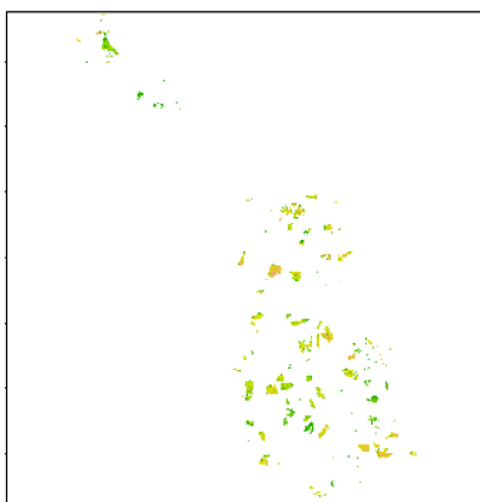
Duben 2020



Květen 2020



Červen 2020

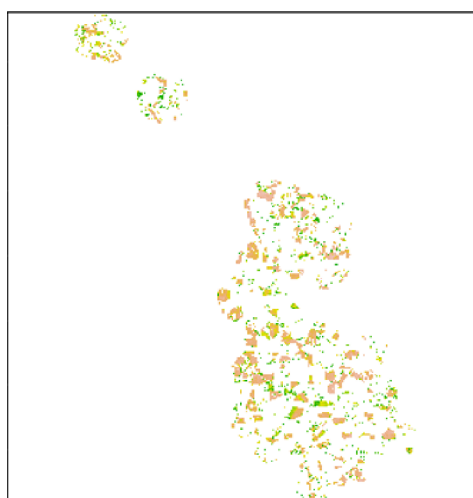


Příloha č. 4: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2020.  
Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.

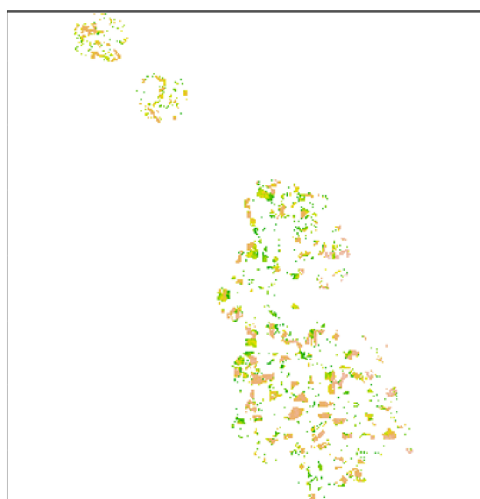
Březen 2021



Duben 2021



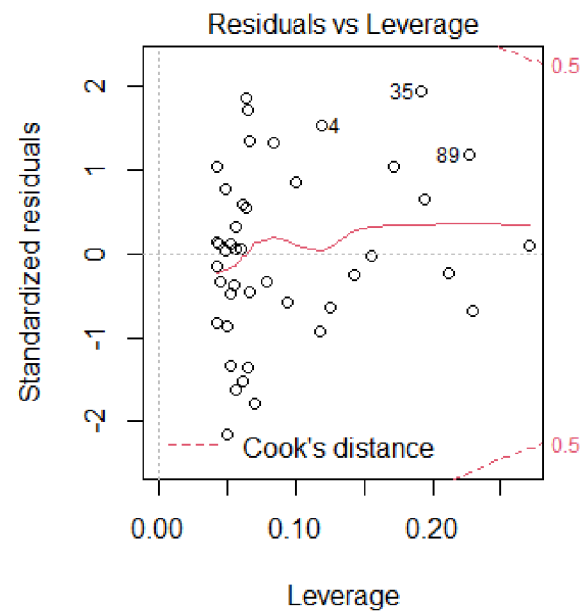
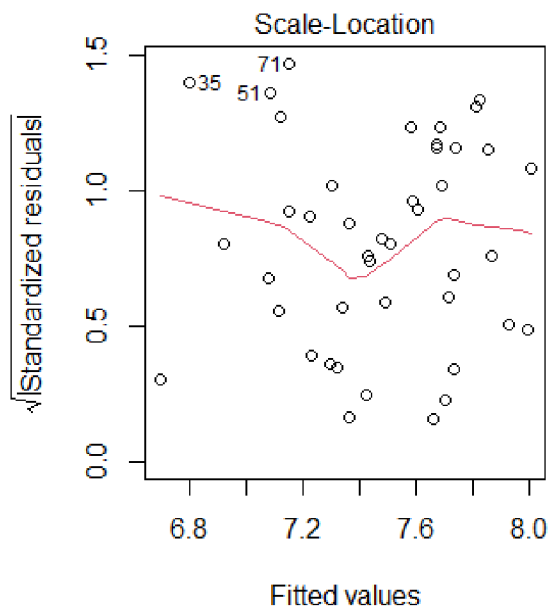
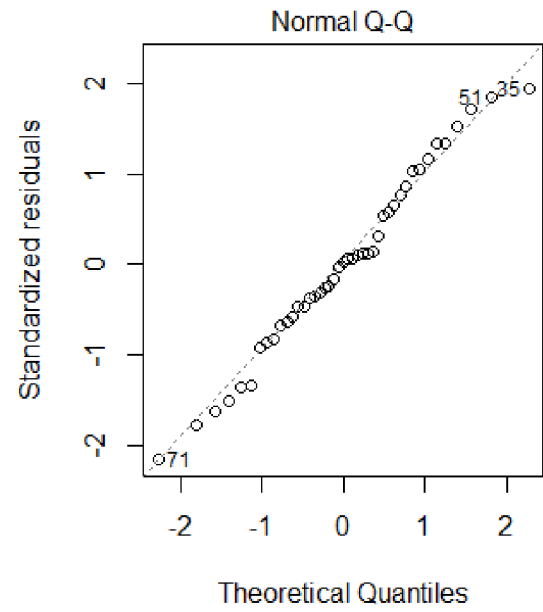
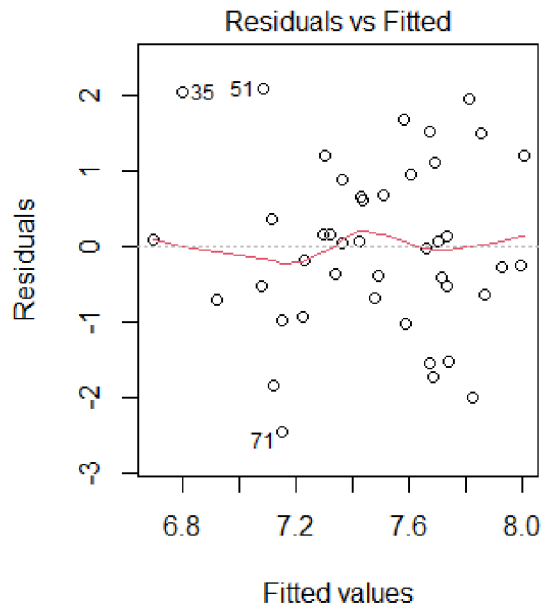
Květen 2021



Červen 2021



Příloha č. 5: Vývoj proporcí vhodného habitatu v roce 2021.  
Zelená barva - Orná půda; Oranžová barva - Vodní plocha.



Příloha č. 6: Splnění předpokladů modelu