

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra etologie a zájmových chovů**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Občanská věda v ornitologii: vyhodnocení vlivu  
klimatických změn na migrační chování vybraných  
zástupců avifauny ČR**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jakub Marek**

**Obor studia: Zájmové chovy zvířat**

**Vedoucí práce: Ing. Tomáš Bušina, Ph.D.**

**Konzultant: Dr. Quanzhao Liu**

© 2023 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Občanská věda v ornitologii: vyhodnocení vlivu klimatických změn na migrační chování vybraných zástupců avifauny ČR" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2023

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Tomáši Bušinovi, Ph.D., za jeho čas a ochotu se věnovat problematice této diplomové práce. Rovněž mu děkuji i za cenné diskuse, rady a nápady kterými mě při vedení práce inspiroval. Dále bych rád poděkoval Dr. Quanyao Liu za pomoc a konzultace při statistickém šetření. Dále bych rád poděkoval své rodině a blízkým za neutuchající podporu v průběhu celého mého studia.

V neposlední řadě náleží můj dík i všem přispěvatelům občanské vědy, díky jejichž práci a zájmu o přírodní bohatství jsem měl příležitost pracovat na tématu této práce.

# Občanská věda v ornitologii: vyhodnocení vlivu klimatických změn na migrační chování vybraných zástupců avifauny ČR

## Souhrn

V podmínkách České republiky dochází v důsledku klimatických změn až k dvakrát rychlejšímu oteplování, než je tomu v porovnání globálních změn. Riziko spojené s nesprávným načasováním migračního chování tažných druhů hnízdících na území České republiky je tak velmi vysoké a představuje přímé ohrožení druhové pestrosti našeho území.

Potenciál občanské vědy při zkoumání ekologických procesů je značný a množství dat sesbíraných pomocí dobrovolníků přesahuje časové i finanční prostředky profesionálních výzkumníků. Využití takto rozsáhlých datových souborů má tedy obrovský přesah nejen ve smyslu sběru dat, ale i propojování vědy s veřejností a edukací společnosti.

Cílem této práce bylo určit schopnost českých tažných druhů uzpůsobit načasování tahu s ohledem na lokální podmínky na hnízdištích České republiky. K analýze vlivu klimatických změn bylo využito faunistických dat získaných účastníky projektu občanské vědy mezi lety 1990 až 2020.

Byla prokázána částečně nesprávná interpretace migrujícím ptákům dostupných ukazatelů klimatické změny. Nesprávné načasování doby příletu bylo ale kompenzováno postupným prodlužováním doby odletu souvisejícího s vyššími teplotami v druhé polovině roku. Celková délka setrvání tažných druhů na území České republiky se dle zde prezentovaných výsledků ve sledovaném období prodloužila.

I přes trendy zřejmé ze souhrnných výsledků této práce, je nutné brát v potaz mezidruhovou variabilitu, která spolu s migrační vzdáleností hrála při načasování migrace zásadní roli. Hlubší poznání vlivu klimatických změn na jednotlivé skupiny živočichů, v tomto případě vlivu klimatu na načasování migrace, je stěžejní pro zmírnění dopadů klimatické krize na světové, ale i lokální ekosystémy.

**Klíčová slova:** citizen science, fenologie, migrace, ptáci, změna klimatu

# **Citizen science in ornithology: the effect of climate change on the migration behaviour of selected representatives of the Czech avifauna**

## **Summary**

In the conditions of the Czech Republic, as a result of climate change, warming is occurring up to twice as fast as compared to global changes. The risk associated with the incorrect timing of migratory behavior of migratory species nesting in the territory of the Czech Republic is therefore very high and represents a direct threat to the species diversity of our territory.

The potential of citizen science in investigating ecological processes is considerable, and the amount of data collected with the help of volunteers exceeds the time and financial resources of professional researchers. The use of such extensive datasets therefore has a huge impact not only in terms of data collection, but also in connecting science with the public and educating of community.

The aim of this work was to determine the ability of Czech migratory species to adjust the timing of their migration with regard to local conditions at the nesting sites of the Czech Republic. Faunistic data obtained by participants in citizen science projects between 1990 and 2020 were used to analyze the impact of climate change.

A partial misinterpretation of available climate change indicators by migrating birds has been demonstrated. However, the incorrect timing of the arrival time was compensated by the gradual extension of the departure time related to higher temperatures in the second half of the year. According to the results presented here, the total length of stay of migratory species in the Czech Republic increased in the monitored period.

Despite the trends evident from the summary results of this work, it is necessary to take into account the interspecific variability, which together with the migration distance played a crucial role in the timing of the migration. A deeper understanding of the effect of climate change on individual groups of animals, in this case the effect of climate on the timing of migration, is crucial for mitigating the effects of the climate crisis on global and local ecosystems.

**Keywords:** citizen science, phenology, migration, birds, climate change

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Občanská věda</b> .....	<b>9</b>
3.1.1	Historie a význam občanské vědy v biologii .....	10
3.1.2	Současná podoba občanské vědy .....	11
<b>3.2</b>	<b>Migrace ptactva</b> .....	<b>12</b>
3.2.1	Mechanismy řízení migrace .....	13
3.2.2	Migrace cílových druhů .....	17
<b>4</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Výběr druhů a sběr dat</b> .....	<b>31</b>
4.1.1	Stanovení migrační vzdálenosti .....	31
4.1.2	Data o výskytu ptáků .....	32
4.1.3	Údaje o teplotách a srážkách .....	33
4.1.4	Statistická analýza .....	33
<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Přílet na hnízdiště a meteorologické vlivy</b> .....	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Odlet z hnízdiště a meteorologické vlivy</b> .....	<b>37</b>
<b>5.3</b>	<b>Délka pobytu na území České republiky</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>42</b>
<b>6.1</b>	<b>Změny klimatu a migrace</b> .....	<b>42</b>
<b>6.2</b>	<b>Změny v délce hnízdní sezony</b> .....	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>47</b>

# 1 Úvod

Široká škála živočišných skupin, od bezobratlých až po vyšší obratlovce, čelí v současné době novým tlakům zapříčiněným klimatickými změnami. Tyto nové tlaky na dané skupiny působí nepříznivě a ovlivňují jejich biomechanické procesy. Konkrétní jedinci, ale i populace tak stojí vstříc ohrožení, které může vyústit ve změny v chování, genetické variabilitě, konkurenceschopnosti, schopnosti množit se či dokonce může zapříčinit změny strukturální (Hahn et al. 2016; Domenici et al. 2020). V případě České republiky dochází v posledních letech k extrémním klimatickým změnám (ČHMÚ 2020), které mohou zavinit zásadní změny v chování zdejší fauny.

Mění se podmínky České republiky ústí ve změny v biologii tažných druhů a zásadním způsobem tak ohrožují biodiverzitu (Reif et al. 2022). Nejvýraznější riziko pro tažné druhy tak plyne z nesprávného načasování migrace vzhledem k fenologickým procesům na hnízdištích (Saino et al. 2009; Emmenegger et al. 2016; Dinsbergs et al. 2023). Možnost uzpůsobení načasování migrace je ale omezena celou řadou faktorů (Visser 2008; Schmaljohann & Both 2017; Schmaljohann 2018). Mezi jeden z nejvýznamnějších faktorů limitujících schopnosti ptáků uzpůsobovat načasování migrace je vzdálenost, kterou během tahu musejí překonávat (např. Jenni & Kéry 2003; Both et al. 2006; van Wijk et al. 2016). Právě rozdělení migrantů podle vzdálenosti, kterou musejí během migrace překonávat je tradičně významným kritériem posuzování flexibility různých ptačích skupin. Nelze ale opomíjet ani vnitrodruhovou variabilitu, která hraje významnou roli při načasování migrace. Ať už na úrovni individuální (Eichhorn et al. 2017; Athamnia et al. 2022; Schumm et al. 2022), tak i na úrovni geograficky oddělených populací (Minias et al. 2010; Panuccio et al. 2013).

Mocným nástrojem při zkoumání fenologických procesů, tedy procesů podléhajících globálním, ale i lokálním změnám, se stává občanská věda (Newson et al. 2016; Koleček et al. 2020; Frigerio et al. 2021). Právě velké množství dat o přírodních procesech, které občanská věda produkuje (Chandler et al. 2017), může posloužit k lepšímu pochopení změn spojených s klimatickou krizí. Zároveň tento přístup umožňuje další propojení veřejnosti s touto problematikou a vede tím pádem k jejich edukaci (Dosemagen & Parker 2019).

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo vyhodnotit vliv klimatických změn, konkrétně pak srážek a teploty, na načasování migrace vybraných zástupců ptactva reprezentujících většinu avifauny České republiky, a to mezi lety 1990 až 2020. Pro reflektování těchto změn bylo nutné stanovení dílčích cílů.

- I. Stanovení změny klimatu na základě údajů o teplotě a srážkách na území České republiky.
- II. Určení datumu jarního příletu na hnízdiště a podzimního odletu z něj.

Hypotézy:

I) V důsledku klimatických změn reprezentovanými teplotou a srážkami v posledních třech dekadách jsou nyní návraty ze zimovišť u migračních druhů reprezentovanými cílovými druhy dřívější oproti návratům ze začátku sledovacího období.

II) Současná délka setrvání migračních druhů reprezentovanými cílovými druhy na hnízdišti je oproti délce pobytu ze začátku sledovacího období v důsledku klimatických změn prodloužena.

III) Druhy migrující na kratší vzdálenosti dokážou svůj přílet na hnízdiště načasovat lépe s ohledem na sezónní výkyvy počasí oproti druhům migrujícím na dlouhé vzdálenosti.



## 3 Literární rešerše

### 3.1 Občanská věda

Význam občanské vědy (citizen science) a jejích výstupů je v současnosti na výrazném vzestupu souvisejícím s rozvojem technologií. Teprve nedávné pojmenování a vymezení občanské vědy jako uceleného principu sběru dat může na první pohled vyloučit dřívější studie založené na těchto principech. z celkového obrazu tohoto odvětví vědy. Je tedy na místě brát ohled na metody sběru dat, které značí právě zapojení veřejnosti. Mohou jimi být pojmy jako jsou dobrovolníci, kroužkovatelé, birding, přispěvatelé, veřejnost a další (Cooper et al. 2014). Pohled do hlubší historie občanské vědy nese svědčí ale pouze o problematice pojmenování, nýbrž i o samotné přístupnosti a pilířích jejího moderního pojetí. To, jak je občanská věda dnes definována například Evropskou asociací občanské vědy (ECSA – European Citizen Science Association 2015) neodpovídá historickému předobrazu amatérského bádání. Především pak z toho důvodu, že osvícenská badatelská činnost náležela spíše bohatší vrstvě společnosti, což je přímo v rozporu s definicí občanské vědy dle ECSA (Haklay et al. 2020) i se zjednodušenými Deseti principy občanské vědy. Dostupnost jak přímé participace, tak i následná záruka vědeckého zpracování nasbíraných dat je uváděna vícero autory jako zásadní pro odlišení moderně chápané občanské vědy od jejích historických předchůdců (Silvertown 2009; Haklay et al. 2020; Rudy 2021).

Znění oficiálního překladu Deseti principů občanské vědy dostupného na internetových stránkách Evropské asociace občanské vědy je následující:

1. Díky projektům občanské vědy se občané mohou aktivně zapojovat do vědeckého života a přispívat tak k rozvoji poznání a rozšiřování vědomostí. Občané se mohou stát přispěvateli, spolupracovníky i vedoucími projektů a jejich role by měla být významná.
2. Projekty občanské vědy mají skutečný vědecký výstup. Mohou řešit nejrůznější výzkumné otázky či vytvářet podklady pro ochranné zásahy, managementová rozhodnutí nebo pro politiku životního prostředí.
3. Spolupráce je přínosná jak pro profesionální, tak pro občanské vědce. Mezi přínosy mohou patřit publikace výstupů výzkumu, možnosti dalšího vzdělávání, osobní potěšení či přínosy v mezilidských vztazích. Občanští vědci získávají zadosťučinění, že přispěli k vědeckému bádání, které je často zaměřeno na místní, národní i mezinárodní problémy, a mohou tak nepřímo ovlivňovat i způsoby jejich řešení.
4. Občanští vědci se mohou účastnit více fází vědeckého procesu. To může zahrnovat formulaci výzkumné otázky, návrh metod, shromažďování a vyhodnocování dat i prezentování výsledků.
5. Občanští vědci dostávají zpětnou vazbu, například jak byla jejich data využita a jaké jsou vědecké, politické a společenské výstupy.
6. Občanská věda je výzkumným přístupem jako kterýkoli jiný, včetně omezení a zkreslení, která je potřeba brát v úvahu a příslušně ošetřit. Na rozdíl od tradičních výzkumných přístupů vytváří občanská věda příležitosti pro větší zapojení veřejnosti a pro demokratizaci vědy.

7. Výzkumná data a metadata občanské vědy jsou veřejně přístupná a, pokud je to možné, výsledky jsou publikovány s otevřeným přístupem. Data jsou sdílena v průběhu projektu nebo po jeho ukončení, pokud tomu nebrání důvody bezpečnostní povahy nebo ochrany soukromí.
8. Zapojení občanských vědců je uvedeno v poděkování jak u výsledků, tak v publikacích.
9. Programy občanské vědy mohou být hodnoceny na základě jejich vědeckých výstupů, kvality dat, zkušenosti účastníků a širšího dopadu na společnost a politiku.
10. Vedoucí projektů občanské vědy dbají na právní a etické aspekty týkající se autorského práva, ochrany práv duševního vlastnictví, smluv o sdílení dat, důvěrnosti dat, uvádění autorství a dopadů aktivit na životní prostředí.

### 3.1.1 Historie a význam občanské vědy v biologii

Povolání profesionálního vědeckého pracovníka, tak jak jej chápeme v dnešní době, je z historického hlediska poměrně novým jevem, jehož vznik můžeme pozorovat až v pozdním 19. století. Velká část historicky významných vědců a badatelů se totiž reálně živila jinými povoláními a věda pro ně představovala spíše záležitost volného času (Silvertown 2009; Strasser et al. 2019). S rozvojem amatérského bádání v Evropě se můžeme setkat již v období renesance (Vohland et al. 2021). Nicméně možná největším milníkem byla práce Němky Marii Sibylly Merian. Tato žena prostého původu bez jakéhokoliv formálního vzdělání vydala vlastní herbář psaný v němčině již v roce 1675. Právě jazyk, tedy použití němčiny nikoliv latiny, je v tomto směru pravděpodobně Evropskou prvotinou (Frigerio et al. 2021).

Rozhodně nejdůležitější historickou érou pro rozvoj občanské vědy minimálně na evropské úrovni bylo Viktoriánské období. Především rozvoj parního knihtisku otevřel nový prostor pro propojování veřejnosti s do té doby exkluzivním světem privilegované vzdělanější vrstvy. Jako jeden z průkopnických projektů propojující komunikaci mezi světem profesionálních vědců a vědců amatérů lze označit časopis „Hardwicke’s Science-Gossip“ vycházející mezi lety 1865–1893, jehož ústředním motivem byla komunikace na úrovni rozhovoru mezi vědeckým pracovníkem a čtenáři, potažmo dopisovateli tohoto periodika (Dawson et al. 2015). Skrz vědecká a populárně naučná periodika mnohdy docházelo v historii i k přímým žádostem o participaci veřejnosti. Za příklad lze uvést vícero takových žádostí ze strany Charlese Darwina, či příběh Eleanor Anne Ormerod – původní amatérské participantky, která se postupně propracovala k vytvoření vlastní sítě amatérských spolupracovníků, s jejíž pomocí nastartovala svoji vědeckou kariéru na poli entomologie (Dawson et al. 2015; Frigerio et al. 2021).

Postupný rozvoj technologií nicméně neznamenal v historii vždy pouze přínos pro účastníky občanské vědy. Příkladem může být zásadní rozdíl mezi experimentálními amatérskými badateli a klasickými „pozorovateli a sběrateli“ dat či přírodnin (Strasser et al. 2019; Frigerio et al. 2021). Experimentální bádání se pod hlavičkou státních organizací přesunuly do profesionálního prostředí laboratoří, kterému nemohli amatérští badatelé z hlediska financování konkurovat. Především pak poválečné období dvacátého století

s profesionalizací experimentální vědy znamenalo pro rozvoj občanské vědy největší období stagnace (Strasser et al. 2019). Příčinou byl i různý historický a politicko-společenský vývoj evropských států především právě v poválečné éře způsobil zřejmou diverzi mezi dostupností vědy veřejnosti mezi zeměmi Západního a Východního bloku (Vohland et al. 2021). Tato historická skutečnost se promítá i do současné diverze občanské vědy (Hecker et al. 2018; Frigerio et al. 2021). Z přírodních věd je to patrné například na značném rozdílu v počtu projektů, ale i participantů v oborech jako jsou astronomie nebo výzkum biodiversity oproti zapojení občanské vědy v chemii (Frigerio et al. 2021).

### 3.1.2 Současná podoba občanské vědy

Počátek samotného použití pojmu občanská věda, ve smyslu, jak jej chápeme dnes, se datuje do roku 1996 a je přičítán Ricku Bonneyovi, který tento pojem spolu s Národní vědeckou nadací (National Science Foundation – NSF) poprvé začal využívat ve spojení tradiční amatérské ornitologie a vědeckého bádání (Strasser et al. 2019). Přesto se i po téměř třiceti letech nedaří najít všeobecnou shodu na přesné definici občanské vědy. Ani na Evropské úrovni není úplná shoda v legislativě, úřady České republiky se obvykle řídí principy ECSA (Haklay et al. 2021).

Prostředky dnešní doby nabízí projektům občanské vědy zásadní výhody. Nejvýraznější vliv má rozhodně rozvoj internetu a s tím související vznik nových platforem určených k účelům občanské vědy. Jako první internetová platforma vznikl v roce 2007 projekt Galaxy Zoo, který se zabýval klasifikací vesmírných těles (Lintott & Reed 2013; Liu et al. 2021). Projekt Galaxy Zoo je i nadále vlajkovou lodí portálu Zooniverse, největšího serveru propojujícího celou škálu oborů od přírodních až po humanitní vědy (Simpson et al. 2014). Další takové platformy vznikají jak na úrovni národní, tak i nadnárodních. V případě Evropské unie jsou to Joint Research Centre (JRC) a EU-Citizen.Science (Liu et al. 2021). Možná překvapivým směrem v rozvoji občanské vědy může být propojení videohry a výzkumu (Newman et al. 2012). Efektivního spojení občanské vědy, počítačové hry a medicíny dosáhl projekt Foldit (Lintott & Reed 2013). Tento projekt se zaměřuje na hledání a vytváření proteinů pomocí online počítačové hry, které jsou nadále využívány ve výzkumu a vývoji medikamentů (McGrath 2020). V současnosti se dále rozvíjí i využití chytrých mobilních zařízení. Vlastní aplikace pro mobilní telefony mají například projekty eBird, iSpot, iNaturalist (Chandler et al. 2017), ale i Nálezová databáze ochrany přírody (zkr. NDOP) se svou aplikací BioLog (Havlíček 2019).

Více než 80 % projektů občanské vědy se v Evropě věnuje přírodním vědám (Hecker et al. 2018). Množství dat, které dnes občanská věda produkuje je enormní. To dokazuje i 50% podíl veškerých dat v databázi GBIF (Global Biodiversity Information Facility) získaných díky projektům občanské vědy (Chandler et al. 2017). Výsledky vyplývající z práce zapojených občanů mohou tak přispět například k managementovým a regulačním opatřením, edukaci či výzkumu (Chandler et al. 2017; Dosemagen & Parker 2019).

V České republice v současnosti prožívá občanská věda rozkvět právě především v oborech spojených s přírodními vědami (Vohland et al. 2021). Pravděpodobně nejdější nepřerušenu tradici ve sběru dat za účasti veřejnosti má na našem území kroužkovatelská činnost. Aktivita, která byla poprvé užita v roce 1899 v Dánsku, má u nás tradici již od roku

1910. Od roku 1934 zahájila svou činnost Kroužkovací stanice Československé ornitologické společnosti (Klápště 2004). Významnou roli v propojování veřejnosti s vědeckým prostředím mají nadále v České republice nevládní organizace právě jako Česká společnost ornitologická či Český svaz ochránců přírody (Vohland et al. 2021). Což naše prostředí poněkud odlišuje od zbytku Evropy, kde z 45 % převažují projekty koordinované vědeckými organizacemi, ze 14 % vzdělávacími institucemi a teprve z 11 % nevládními organizacemi (Hecker et al. 2018). Rozvoj občanské vědy v Čechách dokazuje i nárůst počtu nových registrovaných projektů. V současné době je v databázi na stránkách [citizenscience.cz](http://citizenscience.cz) evidováno přes šedesát probíhajících či proběhlých projektů.

Participace v projektech občanské vědy je možná pouze za předpokladu dostatku volného času účastníka. Tento fakt tak může značně omezit rozložení nasbíraných dat v čase. Výrazný podíl dat získaných během víkendů tomu je důkazem (Sparks et al. 2008). Značnou roli v různé úrovni zapojení veřejnosti hrají i taxonomické skupiny, kterých se jednotlivé projekty týkají. Mezi celkově nejvíce sledované skupiny rozhodně patří ptáci či savci, naopak výrazný nedostatek projektů a dobrovolníků se věnuje výzkumu skupin jako jsou ryby, lišejníky či houby (Schmeller et al. 2009).

Velký objem dat, kterým většina projektů občanské vědy disponuje, je nutné pro správnou implementaci validovat. Možných způsobů, jak validity docílit je vícero. Hlavní dělení lze však shrnout jako validace komunitou nebo validace odborníky (Silvertown et al. 2013; Chandler et al. 2017). Kontrola věrohodnosti ze strany odborných pracovníků tak probíhá například v NDOP (Havlíček 2019). Validace členy komunity je využívána například u projektů iSpot či iNaturalist (Silvertown et al. 2019). Zajímavou kombinací dvou přístupů využívá eBird. Veškerá data projdou nejprve automatickým tříděním, které hodnotí pravděpodobnost výskytu daného druhu v místě a čase pozorování. V případě, že se v této fázi objeví pochybnost přechází hlubší přehodnocení záznamu do rukou regionálního editora či dobrovolného recenzenta (Chandler et al. 2017; eBird 2023). Také platí, že zkušenější uživatelé mají právo zpochybnit uznané určení či validitu záznamů (eBird 2023).

## 3.2 Migrace ptactva

Dle znění Úmluvy o ochraně stěhovavých druhů volně žijících živočichů (Bonnská úmluva) jsou stěhovavé druhy definovány jako „celá populace nebo kterákoli zeměpisně oddělená část populace jakéhokoli druhu nebo nižšího taxonu volně žijících živočichů, pro něž platí, že významná část jejich příslušníků cyklicky a předvídatelně překračuje jednu nebo více hranic jurisdikce státu“ (CMS 1979). Jednoznačná a všeobecně ustálená definice migrace z biologického hlediska není ale tak jednoduše definovatelná, jelikož lze tzv. klasické typy migrace, tedy i ty které popisuje Bonnská úmluva, označit spíše za extrémní příklady migračního chování, jež pak opomíjí migraci v menších měřítkách, jakou provádí mnohé skupiny živočichů napříč taxony (Dingle & Drake 2007). Přesněji se pokusil migraci definovat Southwood (1962) na základě srovnání pohybové aktivity. Pojmenoval pohyb jako triviální, tedy pohyb v rámci již obsazeného teritoria či habitatu, a migrační čili pohyb mimo takové území.

Možných důvodů k migraci ze stanoviště je celá řada, základní dělení je obvykle uváděno jako migrace z důvodu nepříznivých podmínek (únik před predátory, nedostatkem zdrojů, nevhodným klimatem) a migrace za účelem reprodukce. U většiny ptačích druhů se ale jedná o kombinaci více faktorů (Shaw & Couzin 2013). Vývoj migračního chování u jednotlivých druhů je obvykle přisuzován snaze o zvýhodnění v kompetici o zdroje (Southwood 1962). Tato teorie v moderní době převážila teorii o historickém vývoji migrace, jež pracovala především s geografickými událostmi, jako jsou doby ledové či kontinentální drift (Lack 1968).

Dělení migrace do různých kategorií lze pak srovnávat na několika úrovních – na úrovni organismu se jedná o migranty obligátní (migrace je nevyhnutelná a migruje celá populace), fakultativní (jedinec rozhoduje o vlastní migraci), částečné (migruje pouze část populace), či diferenciální (migruje pouze určitá skupina určená například pohlavím či věkem). Na úrovni prostorové rozlišujeme „to-and-fro“ (migrace z bodu A do bodu B a zpět), „loop“ (kruhová migrace, tedy nedochází k opakování stejné trasy při zpětném pohybu), jednocestná, výšková či nomadická. V případě časového dělení rozlišujeme migraci sezonní a irruptivní (Dingle & Drake 2007; Runge et al. 2014). Irruptivní migrace je typ tahu, ke kterému dochází při kolísání dostupnosti potravy v rámci ročního cyklu (Svårdson 1957).

Zásadním hlediskem dělení migrace ptáků je vzdálenost, kterou během tahu překonávají. Dělení druhů na migranty na krátkou vzdálenost a dlouhou vzdálenost však není přesně definováno. Navíc migrace ve vodním prostředí a vzduchem dosahuje oproti terestrickým přesunům násobně vyšších hodnot, vzájemné srovnání a následné dělení tedy není příliš vhodné (Alerstam et al. 2003). Nejdelší tahové vzdálenosti ze všech obratlovců dosahuje rybák dlouhoocasý (*Sterna paradisaea* Pontoppidan, 1763) s více než 19 000 km dlouhou trasou, přičemž nejdelší nepřetržitý úsek přes Atlantský oceán dosahuje délky přes 3 000 km (Salomonsen 1967). Obvyklé kritérium dělení migrace je kromě měřitelné vzdálenosti i podmínka překonávání významné migrační bariéry, jakými mohou být vodní plochy, pohoří či pouště (Alerstam et al. 2003). Vztaženo na druhy dálkových migrantů české avifauny, lze pak za nejvýznamnější překážky označit Středozemní moře a Saharu (Cepák et al. 2008).

Zvláštní migrační strategie jsou typické právě pro ptačí říši. Patří mezi ně migrace typu „leapfrog“, tedy migrace, kdy severní populace zimují jižněji než sedentární či jižní populace téhož druhu, a migrace řetězová, což je migrace, při které severní populace zimují severněji než populace téhož druhu s jižněji položeným hnízdištěm (Åkesson et al. 2020). Dalším typem migrace popsaným pouze u ptáků je „moult“ migrace, tedy pohyb, jehož účelem je přesun na stanoviště s vhodnějšími podmínkami pro přežití (Salomonsen 1968).

### 3.2.1 Mechanismy řízení migrace

Základní podmínkou vzniku migračního chování je existence periodicky měnících se sezonních podmínek v místě hnízdění druhu, jenž má za následek omezení či střednědobou absenci některého ze zdrojů potřebných pro přežití daného druhu (Shaw & Couzin 2013). Takové podmínky pak úzce souvisí s existencí cirkanuálního rytmu u stěhovavých druhů, tedy vnitřním systémem řídícím sezonní změny typické pro danou část roku, které se projevují například jako pelichání, vývoj gonád, či tahový neklid. Nicméně tento rytmus je dále vázán na cirkadiální rytmus, pro jehož správné fungování je zásadní fotoperioda, která určuje konkrétní fáze cirkadiálního rytmu (Sokolov & Tsvey 2016). Tento způsob načasování migrace nabývá

na významnosti, čím blíže k rovníku se nachází zimoviště daného druhu. Environmentální změny jsou totiž v takových zimovištích minimální a jejich vývoj tak nemůže posloužit k určení správného momentu k iniciaci migrace (Gwinner 1996).

Endogenní řízení migrace bylo nejčastěji zkoumáno na modelu pěnice černočelá (*Sylvia atricapilla* Linné, 1758), jejíž jednotlivé populace napříč Evropou volí různé strategie přečkání zimy. Jedním z takových pokusů bylo například křížení sedentární a tažné populace. Zjistilo se, že 40 % potomků bylo tažných, což poukazuje na genetický základ migračního chování (Berthold 2010). Predispozice k migračnímu chování jsou tedy pravděpodobně ovlivněny geneticky, nicméně vznik či zánik migračního chování je pod vlivem ekologických okolností a podléhá možným mikroevolučním procesům v rámci populací (Piersma et al. 2005).

Endogenní procesy, fotoperioda, ale i environmentální ukazatele jsou tedy zdrojem informací ovlivňující centrální nervovou soustavu, konkrétně hypotalamo-hypofyzární komplex, v tvorbě hormonů iniciujících spuštění migračního syndromu (Ramenofsky 2011; Sokolov & Tsvey 2016). Hormonů podílejících se na iniciaci migrace je pravděpodobně velké množství, nicméně nejčastěji skloňovaným bývá kortikosteron, jehož hladiny jsou ale nejvyšší pouze těsně před začátkem migrace a během ní (Cornelius et al. 2013). Mezi další hormony spojované s migrací patří leptin a prolaktin (oba souvisí s tukovými zásobami), dále hormony trijodtyronin (T<sub>3</sub>) a tyroxin (T<sub>4</sub>), či melatonin, jenž je spojován s fotoperiodou (Ramenofsky 2011; Cornelius et al. 2013).

## Načasování migrace

Významným aspektem migrace ptactva je různíci se rychlost samotného tahu a rovněž pak i rozdíly mezi rychlostí migrace na zimoviště a na hnízdiště napříč taxonomickými skupinami. Většina ptáčích řádů vykazuje vyšší celkovou rychlost migrace při tahu na hnízdiště, čímž se pravděpodobně zvyšuje jejich fitness díky možnosti lépe načasovat vlastní přilet s ohledem na sezonní výkyvy v místě hnízdění a v migračních koridorech (Nilsson et al. 2013; Schmaljohann 2018). Opakem jsou pak řády vrubozobí (*Anseriformes*), trubkonosí (*Procellariiformes*), sovy (*Strigiformes*) a dropi (*Otidiformes*). Jejich tah je rychlejší ve směru na zimoviště, což je způsobeno charakterem podzimního tahu těchto skupin, kdy obvykle dochází k nízkému nebo nulovému počtu mezipřistání po dobu vlastní migrace (Dias et al. 2012; Kölzsch et al. 2016; Schmaljohann 2018). Významný vliv má při migraci oběma směry charakter migrace a příprava či připravenost migrujících jedinců na tah – tedy například počet mezipřistání, migrace denní či noční a environmentální podmínky, či věk, zkušenosti a konkurenceschopnost jednotlivců (Lack 1968; Kokko 1999; Nilsson et al. 2013; Schmaljohann 2018; Vīgants et al. 2023). Schopnost určit vhodný okamžik k migraci na základě environmentálních změn je zásadně omezena místem aktuálního výskytu daného jedince nebo jedinců. Změny v cirkadiálním rytmu a denních teplotách jsou značně omezeny zeměpisnou polohou. Mnoho skupin ptáků migrujících k oblasti rovníku nemohou tedy na základě těchto údajů migraci načasovat, jelikož jsou v místě jejich zimování tyto difference zcela minimální (Visser et al. 2009; Ambrosini et al. 2011; Sokolov & Tsvey 2016). Načasování migrace na základě environmentálních změn lze pozorovat především u migrantů na krátkou vzdálenost napříč ekologickými nikami, kdy například množství srážek ovlivňuje insektivní druhy jako je sluka lesní (*Scolopax rusticola* Linné, 1758) (Birtsas et al. 2013), ale i druhy závislé na

obilninách jako je u nás hnízdicí křepelka polní (*Coturnix coturnix* Linné, 1758) (Puigcerver et al. 1999).

Přílet na hnízdiště je rovněž pohlavně, ale i věkově specifický. Obvyklé je, že samci migrují dříve, protože musí na hnízdišti zaujmout teritorium, na kterém se budou schopni pářit. Stejně tomu pak je pro jedince starší a tím pádem i zkušenější a konkurenceschopnější (Tryjanowski & Sparks 2008; Zduniak & Yosef 2008; Matyjasiak 2013). Trade-off situace mezi dřívějším příletem na hnízdiště a rychlejší migrací za rizika ztížených podmínek hraje ve prospěch starších a zkušených samců, jelikož jedinci, kteří na hnízdiště dorazí později, jsou obvykle v horší kondici, riziko ztráty již obsazeného teritoria na úkor pozdější migrantů je nízké (Kokko 1999). V případě dálkových migrantů se dle Miles et al. (2017) prodlužuje i interval ve kterém se na hnízdištích objevují první a poslední migrující jedinci, kdežto hlavní část populace, zdá se, dodržuje poměrně striktní datum. Tomu částečně odporuje situace zjištěná v Severní Americe, kde dle van Buskirk et al. (2009) dochází v důsledku klimatických změn k dřívějšmu příletu prvních 10-50 % populace, ale migrace posledních 10 % zůstala neměnná. Taková diverzifikace může do budoucna předznamenat výraznější dělení subpopulací (van Buskirk et al. 2009) a iniciovat tak mikroevoluční procesy (Helbig 1991; Berthold et al. 1992; Hahn et al. 2016).

Obecně lze tvrdit, že načasování migrace je snazší pro druhy migrující na kratší vzdálenosti, které jsou následně schopny lépe využívat sezonní podmínky v místě hnízdění, jakými může být například mírná zima, či rychlý nástup vyšších teplot (např. Hubálek 2004; et al. 2008; Sokolov & Gordienko 2008; Biaduń et al. 2009; Visser et al. 2009; Newson et al. 2016; Schmaljohann & Both 2017).

## Klimatické změny a migrace ptactva

V roce 2018 vydal mezi vládní vědecký orgán IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) Zvláštní zprávu IPCC ke globálnímu oteplení o 1,5 °C. Tato zpráva varuje před rizikem navýšení globálních teplot mezi lety 2030-2052 a zároveň uvádí podíl lidské činnosti na tomto procesu. Od dob industrializace po současnost Zpráva uvádí navýšení teplot způsobené lidskou činností o 0,8-1,2 °C (IPCC 2018). Vývoj klimatologického konsenzu o antropogenně zaviněném globálním oteplování se od roku 1991 do roku 2015 značně vyvíjel. Nejnižší míra shody o antropogenním původu klimatické krize byla v 1996 (40 %), naopak na konci tohoto šetření panovala shoda 97 % klimatologů (Cook et al. 2016). Jak výrazně ovlivňuje lidská činnost klimatické změny, je dobře srovnatelné na produkci skleníkových plynů s ohledem na globální ekonomické události. Například rok 2020, kdy vrcholila zdravotnická krize způsobená pandemií COVID-19, znamenal pro mnohá odvětví lidské činnosti výrazné období stagnace. Tato stagnace se projevila na celkovém poklesu produkce skleníkových plynů o 3,7 % (Olivier 2022).

Klimatické změny s sebou mnohdy přináší rizika spojená s extrémními meteorologickými jevy, které mohou zásadně ovlivnit migraci již v průběhu samotného tahu (příkladem mohou být bouře, mlhy, písečné bouře, protivítr a další), v době zimování, či na hnízdištích. Při nesprávné interpretaci lokálních podmínek během rozhodování o načasování migrace hrozí jak riziko příliš brzkého příletu na hnízdiště za nevhodných podmínek, tak i nevyužití možnosti více reprodukčních pokusů. Všechny tyto události mohou vést ke smrti

jedinice, ale i k ohrožení životaschopnosti celých populací (Gordo et al. 2005; Newton 2007; Runge et al. 2014). V případě České republiky se pak klimatická změna projevuje až dvakrát rychlejším oteplováním proti světovému průměru (Fakta o klimatu 2022), z čehož nejvýraznější oteplení se týká měsíců června, července a srpna (Zahradníček et al. 2021). Roky 2015-2019 byly v Čechách extrémně suché. Toto období bylo význačné i abnormálně vysokými teplotami nad průměr let 1981-2010. Dlouhotrvající období sucha bylo ale náhle zakončeno dalším nadnormálním jevem v roce 2020, tedy zvýšením ročním úhrnem srážek na 112 % normálu. Zároveň byl rok 2020 výrazně nadnormální i v teplotách, kdy překonal normál 1981-2010 o 1,2 °C (ČHMÚ 2020).

Načasování počátku migrace trans-saharských migrantů na základě environmentálních ukazatelů může do budoucna pro tyto druhy předznamenat zásadní problém. Studie Gordo et al. (2005) uvádí zásadní vliv sezonních srážek a teploty v zimovištích na načasování tahu tří druhů španělských dálkových migrantů; kukačky obecné (*Cuculus canorus* Linné, 1758), vlaštovky obecné (*Hirundo rustica* Linné, 1758) a slavíka obecného (*Luscinia megarhynchos* Brehm, 1831). Ve všech případech došlo u pozorovaných druhů v průběhu let 1952–2003 ke zpoždění doby příletu na hnízdiště. Opačný vliv ve stejné studii měly tyto indikátory pouze na jediný druh, a to na dudka chocholatého (*Upupa epops* Linné, 1758), který naopak inklinoval k dřívějšímu příletu na hnízdiště. Avšak v populacích našich dálkových migrantů je v posledních letech čím dál výraznější vztah mezi vyššími teplotami a dřívějším návratem na hnízdiště, což může být způsobeno například příznivějšími podmínkami v rámci samotného tahu (Kolářová et al. 2017). Tomu napovídají i dřívější přílety dálkových migrantů v jiných částech Evropy, například posunu o deset a více dní dosáhlo mezi lety 1967–2010 minimálně šesti takových druhů hnízdicích na území Velké Británie (Newson et al. 2016). Lehikoinen et al. (2019) uvádí jako možná lepší hlediska srovnání fenologie ptačích taxonů, vzájemnou fylogenetickou příbuznost a ekologické vazby. Klasické dělení migrantů dle délky migrace (migrace na krátkou/dlouhou vzdálenost) se v dané studii neukázalo jako opodstatněné pro vysvětlení změn v načasování migrace. Podobně pak spíše vliv habitatu na migraci popisuje Visser et al. (2009).

Významným fenoménem souvisejícím s lokálními změnami klimatu je i synantropizace některých druhů, jejichž migrační chování se právě v důsledku přizpůsobení k životu ve městech změnilo či zcela vymizelo a došlo tak sedentarizaci (Bonnet-Lebrun et al. 2020). V našich podmínkách je tento proces asi nejvýznamnější u kosa černého (*Turdus merula* Linné, 1758), původně spíše lesního druhu, u kterého však došlo k zásadnímu přeorientování na život v silně urbanizovaných oblastech a postupnému vymizení migračního chování (Bejček et al. 1995). Dalším druhem s potenciálem k budoucí sedentarizaci je i holub hřivnák (*Columba palumbus* Linné, 1758), jehož západoevropské populace spojené s antropogenním prostředím nemigrují (Bejček et al. 1995; Cepák et al. 2008). V Severní Americe se tento proces uplatňuje i v případě v zámoří nepůvodního špačka obecného (*Sturnus vulgaris* Linné, 1758), jehož invazní americké populace mají mnohem silnější vazbu na antropogenní prostředí, než je tomu u evropských populací (Bonnet-Lebrun et al. 2020). Jak již bylo zmíněno část evropské populace pěnic změnila své migrační chování. S touto změnou pravděpodobně souvisí i synantropizace pěnic zimujících ve Velké Británii a jejich příkrmování na krmítkách (Plummer et al. 2015).



Jako možný následek klimatických změn předpokládá do roku 2070 Howard et al. (2018) zvýšení vzdálenosti kterou budou muset dálkoví migranti urazit při cestě mezi hnízdištěm a zimovištěm přesahující v extrémních případech více než 1 000 km navíc oproti současnému stavu. Za takového předpokladu pak autoři uvádí i nutné zvýšení počtu mezipřistání a počtu dní samotného tahu. Oproti tomu u migrantů na krátkou vzdálenost se již nyní projevuje zkracování migrační vzdálenosti s inklinací k zimování v severnějších polohách (Visser et al. 2009; Howard et al. 2018). Tato změna zimoviště znamená i změnu fotoperiody, které jsou ptáci vystaveni a ovlivňuje tím pádem i načasování migrace (Visser et al. 2009). Otázkou tak zůstává, dle jakého mechanismu a v jaké míře budou dálkoví migranti schopni uzpůsobit trvání vlastní migrace. Environmentální ukazatele během mezipřistání se zdají být jako zavádějící, minimálně do překonání Středozevního moře jakožto poslední migrační bariéry společné pro všechny dálkové migranty. Po tomto přechodu k přizpůsobení nepochybně dochází. Ale i za předpokladu, že ptáci zkrátí dobu mezipřistání v poslední etapě o 50 %, stále se jejich celková délka migrace zkrátí o pouhého 3,1 dne (Schmaljohann & Both 2017). Oproti tomu fenologický nástup jara se v Evropě zkrátí mezi lety 1922-2017 o 17,1 dne (Dinsbergs et al. 2023).

Z historického srovnávání záznamů prvních příletů na území České republiky mezi lety 1828 až 2010, které sledovalo z osmnácti druhů sedmnáct shodných taxonů zvolených pro účely této práce, vyplívá historické kolísání v načasování návratu na hnízdiště migrujících ptáků. Na počátku devatenáctého století bylo načasování jarního tahu dřívější než v dnešní době, aby se později na počátku dvacátého století naopak migrace zpozdřovala. Až od sedmdesátých let docházelo k rapidnímu nárůstu dřívější migrace (Kolářová et al. 2017). Klimatická změna ovlivňuje i populační dynamiku naší avifauny. Především pak na území České republiky ubývá druhů se severním areálem rozšíření či druhů potravně specializovaných (Reif et al. 2008). Naopak u potravních generalistů jako je například ůuhýk obecný (*Lanius collurio* Linné, 1758) se vliv klimatu na distribuci nepředpokládá (Reif et al. 2008; Pedersen et al. 2020).

### 3.2.2 Migrace cílových druhů

#### Kvakoš noční (*Nycticorax nycticorax* Linné, 1758)

Tento druh na našem území hnízdí prokazatelně v jižních Čechách a na jižní Moravě, odkud pochází rovněž většina pozorování kvakošů nočních na našem území. Naše populace je striktně tažná a při mapování zimního rozšíření v letech 1982-1985 byl zaznamenán jediný výskyt kvakoše v prosinci roku 1982 a následně pak v lednu 1983, kdy se patrně jednalo o náhodně podmíněný výskyt stejného jedince (Bejček et al. 1995). Podzimní tah, jehož cílem v případě českých kvakošů je oblast tropické západní Afriky a povodí Nilu, probíhá v rozmezí srpna až září, návrat na hnízdiště připadá na konec března až duben (Cepák et al. 2008).

Migrace třech jedinců opatřených vysílači GPS/GSM z jižního Polska v roce 2012 byla zahájena mezi zářím pátého až říjnem třicátého a trvala minimálně dva měsíce po dosažení zimoviště, přičemž tah těchto jedinců probíhal především v nočních hodinách (Ledwoń & Betleja 2015).

## Čáp bílý (*Ciconia ciconia* Linné, 1758)

Populace čápa bílého hnízdí na většině území České republiky a její výskyt na našem území počíná koncem března, výjimečně již v průběhu února, a končí odletem na zimoviště v průběhu srpna až září (Cepák 2008). Pozorování výskytu v zimních měsících v letech 1982–1985 se týká přibližně čtyř až deseti jedinců, jejichž mateřská populace nebyla známa (Bejček et al. 1995).

Přestože se čáp bílý řadí mezi typické migranty na dlouhou vzdálenost, není neobvyklé, že někteří jedinci jsou schopni přezimovat v Evropě. Ze skupiny 54 ročních jedinců původem z Německé spolkové republiky Sasko-Anhaltsko označených v letech 2011 až 2014 se šest čápů v první zimní sezoně zdržovalo po celou zimu na území pevninské Evropy, samotný způsob jejich přezimování byl pak diametrálně odlišný od zbylých 48 jedinců. Jejich areál na zimovišti byl výrazně menší, přesuny mezi jednotlivými stanovišti kratší a jejich výskyt byl vázán na antropogenní prostředí – tedy kulturní krajinu a skládky. Všech šest jedinců zimujících v Evropě přežilo oproti pouhým 18 jedincům zimujícím v Africe. Zásadní rozdíl ve směru migrace byl zapříčiněn rozdílným obdobím líhnutí jedinců – čápi kteří zimovali v Evropě se vylíhli později oproti jedincům zimujícím v Africe, a i jejich odlet z hnízdiště byl opožděn (Rotics et al. 2017).

Rychlost a načasování migrace čápů bílých je mimo jiné ovlivněna věkem jedince (Berthold et al. 2004; Rotics et al. 2016; Athamnia et al. 2022). Příčinou rozdílu v migraci dospělců a juvenilních jedinců je nejspíše způsob, kterým čápi migrují čili migrace v hejnech s minimem zastávek a převážně za pomoci klouzavého letu nebo plachtění. Tento způsob je pro mladé a nezkušené jedince energeticky náročnější, což může způsobit jejich opoždění vůči hejnu a nutit je tak k zimování mimo africká zimoviště (Rotics et al. 2016).

## Křepelka polní (*Coturnix coturnix* Linné, 1758)

Tah křepelk je poměrně nenápadný a probíhá především v nočních hodinách. Značným rizikem je pro tento druh urbanizace, která souvisí se světelným smogem, který omezuje migrační dovednosti ptáků, či střetem křepelk s civilizací a možným přenosem chorob z ptáků na člověka (Nadal et al. 2022). Dle údajů odchycených jedinců během jejich tahu přes území jižního Izraele se věkové složení migrujících jedinců mezisezoně různí, což může být zapříčiněno náročností migrační trasy, vlivem počasí či rozdílným statutem křepelk jakožto lovného ptactva v rámci jimi obsazovanými státy (Zduniak & Yosef 2008).

Jako významný aspekt ovlivňující migraci křepelk se projevuje sezonnost související s množstvím srážek v rámci hnízdního období, kdy za deštivých let doba zrání obilnin, jež jsou hlavní složkou potravy křepelk, bývá delší, čímž se úměrně prodlužuje i doba pobytu na hnízdišti a zároveň jsou tímto jevem i pozitivně ovlivněny počty dospívajících jedinců (Puigcerver et al. 1999). Vlivem různých se rychlosti dozrání obilnin lze rovněž pozorovat změny v chování křepelk, kdy dochází k nomádickému způsobu života za účelem hledání potravních zdrojů (Rodríguez–Teijeiro et al. 2012).

Odlet křepelk jižním směrem zahajují v polovině srpna adultní samci následovaní samicemi v září a až po nich dochází k tahu mláďat, jež může probíhat i začátkem října. První křepelky se pak na území České republiky objevují koncem dubna či v květnu. Jakožto trans-

saharský migrant využívá křepelka k zimování především oblast Sahelu mezi Súdánem a Senegalem (Cepák et al. 2008).

### Lžičák pestrý (*Spatula clypeata* Linné, 1758)

Počty u nás hnízdících ptáků tohoto druhu se v průběhu let snižují (Bejček et al. 1955; Cepák et al. 2008), jejich výskyt na území České republiky v zimních měsících dle mapování z let 1982–1985 byl pak prokázán v deseti kvadrátech z celkových 611 kvadrátů připadajících na území České republiky (Bejček et al. 1995).

Zimování lžičáků na území Evropy je prokazatelné, ale vykazuje značnou obměnu v pohlavním složení zimujících populací, kdy z původního 65% samčího zastoupení v zimní sezoně 1968/69 vzrostl poměr samců zimujících na území Velké Británie na celkových 84 % v zimě 2019/20 (Wood et al. 2021). Sezónní výkyvy teplot ovlivňují charakter migrace v daném roce, za nižších teplot stoupá počet jedinců na obvyklých zimovištích, nicméně v případě delších zim na obvyklých zimovištích je možné pozorovat úbytek lžičáků. Takový jev souvisí se sníženou dostupností potravy při zamrznání vodních ploch (Sokos et al. 2016).

Podzimní tah lžičáků startuje již v srpnu, vrcholem prochází v září a říjnu, ale trvá až do poloviny listopadu. Jarní tah našich lžičáků spadá na březen až duben. Obvyklá zimoviště využívaná naší populací spadají na území západní až jihozápadní Evropy či výjimečně severozápad Afriky (Cepák et al. 2008).

### Rorýs obecný (*Apus apus* Linné, 1758)

Rorýs obecný tráví na našem území ze všech migrujících ptáků nejkratší dobu – přibližně tři a půl měsíce, jejich přilet na hnízdiště střední Evropy lze výjimečně zaznamenat již od poloviny března, obvyklý přilet však připadá spíše na konec dubna až začátek května (Cepák et al. 2008). Podíl migrace v ročním cyklu rorýse tvoří celkem 27 % roku, 19 % času tráví rorýsi na hnízdišti a zbylých 54 % na zimovištích (Åkesson et al. 2012). Rychlost migrace rorýsů je značná, ale vykazuje rozdílnosti s ohledem na její směr. Dle výzkumu Åkesson et al. (2012) dosahovali rorýsi při jarní migraci rychlosti 469 km/den oproti podzimním 344 km/den, navíc byl pak i výrazně nižší počet mezipřistání při jarním tahu, a to v poměru 8 ku 39.

Zajímavým úkazem opoždění podzimní migrace rorýsů na území Evropy, konkrétně Finska a Švédska, připadá na rok 1986 kdy došlo k jaderné havárii v Černobylské elektrárně a v témže roce pak byly pozorovány stovky jedinců tohoto druhu ještě v průběhu října. Lehtikoinen & Lindström (1988) však uvádí několik důkazů, které vyvracejí přímý vliv této události na opoždění migrace, mezi kterými je i podobné pozorování rorýsů z let 1918 a 1957. Ve všech zmíněných případech, tedy v letech 1918, 1957 a 1986, bylo pravděpodobně hlavní příčinou opoždění migrace nepříznivé počasí konkrétních sezon. Kvůli čemuž nebyli rorýsi schopni včasného odletu a následně byli nuceni přepelichat na hnízdišti k čemuž obvykle dochází až v místě zimování (Kolunen & Peiponen 1991).

Důkaz o dřívější jarní migraci rorýsů v důsledku vyšších lokálních teplot je znám z území Itálie. Je ale nutné brát v potaz zeměpisnou polohu vůči zimovišti tohoto územního celku (Rubolini et al. 2007).

## Kukačka obecná (*Cuculus canorus* Linné, 1758)

Migrační vzorce kukaček obecných jsou vzhledem k jejich solitérnímu a nočnímu způsobu tahu fixovány v genetické výbavě jednotlivců, zvláštním úkazem je pak i jejich využívání poměrně striktně přímých tahových cest, kdy především oblast Středozevního moře překonávají i nezkušení ptáci v úzkých migračních koridorech za poměrně krátkou dobu (Willemoes et al. 2014).

Rozmnožování kukaček obecných je vázáno na fenomén hnízdního parazitismu, k čemuž se váže i existence takzvaných ekologických ras (gentes). V průběhu let se v důsledku fenologických změn v rozmnožování hostitelských druhů, způsobených globálním oteplováním, snížil poměr kukaččích vajec pokládaných do hnízd stálých ptáků či ptáků migrujících na krátkou vzdálenost z původní frekvence 0.429 do roku 1990 na 0.299 do roku 2009 (Møller et al. 2011). Zásadní rozdíl ve změně FAD (first arrival date) migrantů na krátkou vzdálenost vylučuje možnost využití takových druhů jako hostitelských, kdy posun FAD migrantů na krátkou vzdálenost dle Saino et al. (2009) představuje 14,6 dne oproti 5,3 dne u kukaček. Takovýto posun ale může do budoucna znamenat i vyhynutí ekologických ras vázaných na tyto hostitele především kvůli neschopnosti dálkového migranta, jakým kukačka je, uzpůsobit načasování migrace s ohledem na posun v rozmnožování stálých a na krátkou vzdálenost migrujících ptáků (Saino et al. 2009; Møller et al. 2008) a zároveň pak nepříznivě ovlivnit i populace ptáků migrujících na dlouhou vzdálenost, jichž budou kukačky využívat jako hostitelských rodin ve vyšších frekvencích (Saino et al. 2009). Další důkaz o nedostatečné schopnosti změnit načasování migrace kukaček přinesly i data občanské vědy z území Velké Británie, kde kukačka patřila k pouhým třem druhům z celkových 14, kteří neprokazovali signifikantní změny v příletech na hnízdiště (Newson et al. 2016).

Dle výsledků telemetrického pozorování jedinců kukaček obecných z území Maďarska začínal v letech 2014 a 2015 tah těchto jedinců mezi šestým červencem a devatenáctým srpnem, migrace těchto zástupců ve směru na hnízdiště končila v závěru dubna (Bán et al. 2018). Podobně jako v případě maďarské populace je vrcholem příletu na hnízdiště období dubna i pro chorvatské kukačky, u kterých byl ale mezi lety 1989 až 2016 zaznamenán dřívější přílet až o sedm dní, tento posun pak koreluje s vyšší průměrnou teplotou v období dubna (Dolenec 2017). Přílet kukaček na naše území probíhá obvykle v poslední dubnové dekádě, odlet na zimoviště zahajují mladí jedinci nejpozději na konci září (Cepák et al. 2008).

## Moták pochop (*Circus aeruginosus* Linné, 1758)

Evropské populace motáka pochopa jsou převážně tažné, kdy je zimování na hnízdišti prokázáno u severnějších populací tohoto druhu, na našem území byl pak zaznamenán výskyt v celkovém počtu pěti kvadrátů (Bejček et al. 1995).

Načasování migrace motáků je ovlivněna věkem, dospělí jedinci zahajují tah později, obvykle v období srpna. Motáci využívají jako zimoviště jak africká zimoviště severně od rovníku, tak i lokality kolem Středozevního moře (Cepák et al. 2008), populace střední Evropy zimuje oproti severoevropským populacím na výrazně rozsáhlejší území, ale nedosahuje tak velkých migračních vzdáleností jako právě severská populace, která je pravděpodobně kvůli obsazenosti zimovišť nucena vykonávat tzv. leapfrog migraci (Panuccio et al. 2013). To

potvrzuje i pozdější zahájení podzimní migrace severských populací jehož medián byl v letech 2004 až 2007 8. září (Strandberg et al. 2008). Přesné načasování počátku migrace je u motáků individuální záležitost, která se projevuje jako repetitivní (Vardanis et al. 2011). Návrat na hnízdiště v České republice lze pozorovat již koncem března (Cepák et al. 2008).

### Chřástal vodní (*Rallus aquaticus* Linné, 1758)

Zimovištěm českých chřástalů vodních je oblast západní Evropy, tedy Francie, Velké Británie a severu Itálie. Na tyto lokality vyráží naši chřástali pravděpodobně v září a vrací se od poloviny března až do půlky dubna. U tohoto druhu byla prokázána vysoká míra filopatrie, stejně tak se předpokládá i výrazná věrnost zimovišti (Cepák et al. 2008). Hart (2020) prokázal vysokou koncentraci zimujících chřástalů vodních (minimálně 34 kusů v obou zimách 2018/2019 a 2019/2020 na 7,5 km<sup>2</sup> ostrova Alderney) na základě vokalizace chřástalů v odpovědi na přehrávaný zvuk volání vlastního druhu.

Populace u nás hnízdících chřástalů vodních se trvale snižuje. Jejich výskyt v zimách let 1982–85 byl omezen na celkem 33 kvadrátů, u těchto jedinců nebyl zjištěn jejich původ (Bejček et al. 1995). Možné přezimování chřástalů vodních v podmínkách střední Evropy je zásadně vázáno na nezamrzající vodní toky. S postupující zimou a zamrzáním vodních zdrojů v průběhu ledna let 2017 a 2018 docházelo dle Polak et al. (2019) k absenci chřástalů na v prosinci obsazených teritoriích. Zda došlo k přesunu k jinému nezamrzlému zdroji či opožděné migraci nebylo ale možné ověřit.

### Chřástal polní (*Crex crex* Linné, 1758)

Na rozdíl od chřástala vodního je chřástal polní migrant dálkový se zimovištěm v oblasti rovníkové až jižní Afriky s pravděpodobnou hlavní oblastí výskytu na území Tanzanie, Mosambiku a Zambie (Cepák et al. 2008). Přesné určení zimovišť zatím není možné kvůli různým se podmínkám mapování v rámci územních celků Afriky, ze států, které nabízí chřástalům ideální podmínky pro zimování tak není dostatek dat o reálném výskytu tohoto druhu například i z politických důvodů (Walther et al. 2013). Výraznou roli nejspíš hrají i sezonní podmínky a přelety v rámci zimoviště (Cepák et al. 2008; Walther et al. 2013).

Tah chřástalů polních na zimoviště začíná v srpnu, první přílety na našem území lze doložit již v půli dubna, většina populace ale dorazí obvykle až v druhé polovině května (Cepák et al. 2008). Rodičovské páry evropských chřástalů polních jsou během hnízdní sezony schopny vyvést dvě snůšky mláďat, u pozdější snůšky je však zvýšené riziko jejich úhynu kvůli pozdnímu zahájení migrace a úmrtí při sečení luk, které připadá na 20. srpen až polovinu září (Donaghy et al. 2011). Chřástali čelí výraznému riziku predace nebo ulovení lidmi i v průběhu migrace. Ptáci vysílení migrací snižují během mezipřistání iniciační vzdálenost únikového chování až na průměrných 2,8 metru při přiblížení lovce, což z nich činí velmi snadnou kořist (Arbeiter et al. 2017).

### Čejka chocholatá (*Vanellus vanellus* Linné; 1758)

Čejky chocholaté přes území České republiky pravidelně protahují při obou tazích a rovněž zde pravidelně hnízdí. Jejich odlet na zimoviště se obvykle protáhne až do začátku

prosince (Bejček et al. 1995). Vrcholem podzimní migrace je ale hlavně období od září do přelomu října a listopadu (Cepák et al. 2008).

Hlavním cílem českých čejek v období podzimního tahu je především oblast západní Evropy – Francie, Španělska, Velké Británie, Belgie a Nizozemí u mladších jedinců pak i Itálie. Typické je zimování čejek v přímořských oblastech, mimo jiné i v severozápadní Africe (Cepák et al. 2008). U čejek byla prokázána velká individuální variabilita načasování migrace i v rámci jedné hnízdi kolonie kdy zároveň všichni jedinci zůstávali svému zimovišti věrni i v následujících sezonách. Vzdálenost zimoviště ovlivnila i načasování migrace – jedinci migrující na delší vzdálenosti zahajovali migraci dříve a na hnízdiště se následně vraceli později (Eichhorn et al. 2017).

První jedince vracející se na naše hnízdiště lze pozorovat již v první polovině února (Cepák et al. 2008), v druhé polovině února byly čejky zaznamenány i při zimním mapování v letech 1982–1985 (Bejček et al. 1995). Posuny v ročním cyklu čejek jsou zřejmé z jejich o průměrných sedm dní dřívějšího kladení vajec pozorovaného na území Dánska (Meltofte et al. 2018), průměrného posunu prvního kroužkování tohoročních mláďat na území Nizozemska o 8,5 dne (Musters et al. 2010), nebo výrazně dřívějšího přiletu čejek na hnízdiště v okolí ruského města Miass (Sokolov & Gordienko 2008).

## Bekasina otavní (*Gallinago gallinago* Linné, 1758)

Počty bekasin otavních hnízdicích na území České republiky se trvale snižují. Jejich tah přes naše území v jarních měsících připadá na březen až květen, podzimní tah probíhá od července do začátku listopadu. Prokázáno bylo zimování ptáků původem z Moskevské a Tulské oblasti na území České republiky. Celkově bylo v letech 1982–85 potvrzen výskyt v 43 kvadrátech (Bejček et al. 1995).

Zimoviště našich bekasin není přesně známo kvůli častějšímu kroužkování protahujících jedinců oproti jedincům u nás hnízdicích. Lze však předpokládat zimování naší populace v široké oblasti od Belgie, Francie, sever Španělska, Itálii až po východní pobřeží Jaderského moře. Návrat bekasin začíná být patrný v druhé polovině března s vrcholem přiletů v období dubna (Cepák et al. 2008).

Migrační strategie bekasin jsou značně specifické pro dané populace, u kterých je obvyklé jejich geografické oddělení jak v rámci období hnízdění, tak i v období zimování. Jednotlivé populace se pak od sebe vzájemně oddělují jak pomocí paralelní migrace v rámci zeměpisné délky, tak i v rámci leapfrog migrace kdy vzniká rozdíl v zeměpisné šířce (Minias et al. 2010). Typický je pak pomalý tah ve směru na zimoviště s vícero zastávkami, hlavním důvodem této strategie je pravděpodobně výraznější intraspecifický tlak na území zimovišť (Włodarczyk et al. 2007).

## Sluka lesní (*Scolopax rusticola* Linné, 1758)

Skandinávský a středoruský původ sluk lesních zastižených na území České republiky v zimních měsících byl prokázán na základě kroužkování. Obsazení šesti kvadrátů v prosincových měsících v letech 1982–85 nejspíše náleží dozvukům podzimního tahu (Bejček et al. 1995).

Hlavním obdobím přesunu našich sluk na zimoviště jihozápadního a jižního Středomoří je říjen a návrat spadá na polovinu března (Cepák et al. 2008). Největší podíl u nás kroužkovaných jedinců sluky je hlášen z území Francie (Lučan et al. 2016).

Podobně jako u jiných druhů bahňáků je i migrace sluk lesních poměrně zdlouhavým procesem, průměrná délka migrace na hnízdiště byla dle Tedeschi et al. (2020) 42 dnů, v opačném směru pak trvala dokonce 70 dnů. Sluky prokazují při načasování migrace silnou návaznost na sezonní podmínky – v teplejších letech bylo prokázáno pozdržení jejich migrace, či v případě nízkého úhrnu srážek docházelo k větší míře disperze v rámci zimovišť (Birtsas et al. 2013). Mále množství srážek a nízké teploty zapříčiňují omezení dostupnosti žížíal jakožto jejich hlavního zdroje potravy, čímž lze takové jevy vysvětlit (Birtsas et al. 2013; Sokos et al. 2016).

### Rybák obecný (*Sterna hirundo* Linné, 1758)

Hnízdní rozšíření rybáka na našem území je soustředěno především do Jihočeského, Jihomoravského a Moravskoslezského kraje a je limitováno na otevřené vodní plochy s dostatečně přehledným okolím, což je zároveň silně limitující kritérium. Nicméně schopnost rybáků obsazovat nová hnízdiště antropogenního původu byla prokázána jak historicky v případě jejich zahnízdění na lokalitách vzniklých zbudováním Vodního díla Nové Mlýny (Chytil & Macháček 2000), tak i recentně v případě plovoucích ostrovů na Lipně (Mikeš et al. 2021).

Podobně jako je tomu u čápů lze i populaci našich rybáků rozdělit na základě migračních tras, kdy část populace využívá jihovýchodní migrační trasu, většina naší populace ale volí jihozápadní trasu vedoucí přes západní Středomoří směrem k zimovištím na pobřeží západní Afriky (Cepák et al. 2008). Podobné rozdělení místních populací není na území střední Evropy v případě rybáků nic neobvyklého, podobně je tomu tak například u Německé populace, kde rovněž převládá západní migrační trasa (Piro & Schmitz Ornés 2022).

Odlet českých rybáků na zimoviště probíhá v srpnu, nejpozději však v září. Návrat na naše území probíhá v dubnu a vrcholí na jeho konci (Cepák et al. 2008). Průměrné datum zahájení migrace na zimoviště 25 jedinců ze sousedního Německa bylo mezi lety 2009 a 2010 stanoveno na 4. srpen, dalších 24 jedinců vybavených geolokátory v hnízdní sezoně roku 2019 pak zahajovalo migraci průměrně 13. srpna a v případě studie provedené mezi sezonami 2017–2020 bylo průměrné datum iniciace migrace 64 rybáků stanoveno na 4. září (Kürten et al. 2022). Shodně všechny zmíněné studie pak uvádí průměrný datum návratu sledovaných jedinců na 20. dubna.

### Holub doupňák (*Columba oenas* Linné, 1758)

Výskyt jedinců holuba doupňáka v zimních měsících let 1982–85 se váže především k měsíci únoru, což lze považovat za dřívější návrat ze zimoviště – autoři dále uvádí odhad zimujících jedinců na 30 až 60 kusů (Bejček et al. 1995). Skupinový tah doupňáků počíná již na konci srpna a jejich přílet na hnízdiště jihozápadní Evropy připadá na začátek října, kdy lze ale stále ještě pozorovat táhnoucí hejna i na našem území. Návrat našich doupňáků spadá na poslední dekádu února až konec března (Cepák et al. 2008).

## Holub hřivnáč (*Columba palumbus* Linné, 1758)

Počty zimujících jedinců tohoto druhu se v návaznosti na postupující synantropizaci mohou zvyšovat, především pak za předpokladu mírných zim, čehož je důkazem i prosincové pozorování z roku 1983 kdy bylo počítáno 70 exemplářů. Přílet ze zimovišť lze pozorovat již od poloviny února (Bejček et al. 1995). U sledovaných jedinců hnízdících na území Německa byla prokázána individuální variabilita i mezi jednotlivými zimními sezonami, což pravděpodobně potvrzuje schopnost tohoto druhu reagovat na aktuální klimatické podmínky (Schumm et al. 2022). O 11,5 dne dřívější návrat holubů hřivnáčů na hnízdiště na území Chorvatska byl zaznamenán v průběhu let 1983–2007 (Dolenec & Dolenec 2010). Hlavním obdobím začátku podzimní migrace je druhá dekáda října, jejím cílem je jihozápadní Evropa (Cepák et al. 2008).

## Hrdlička divoká (*Streptopelia turtur* Linné, 1758)

Přesné zimoviště našich hrdliček není známo. Většina evropské populace zimuje jižně od Sahelu, nicméně na základě kroužkovacích dat českých hrdliček lze předpokládat i možné zimování naší populace v oblasti jihovýchodního Mediteránu, konkrétně pak především na území Řecka (Cepák et al. 2008).

Skupinové migrace z území České republiky zahajují obvykle hrdličky v průběhu srpna až září (Cepák et al. 2008). Medián odletu hrdliček vybavených satelitními vysílači mezi lety 2016–2020 patřících k německé, bulharské, slovenské a italské populaci byl stanoven na 30. srpna (Schumm et al. 2021). Evropské populace hrdliček divokých využívají při migraci pravděpodobně tři hlavní trasy – západní, centrální a východní. Na základě zpětných hlášení ptáků kroužkovaných na území České republiky se předpokládá vyvážené rozdělení mezi východní (53 % a centrální (47 %) migrační trasy naší populace (Marx et al. 2016). Návrat na naše území je pak obvyklý od poloviny března (Cepák et al. 2008).

I přes poměrně bohaté znalosti migračních strategií západoevropských populací hrdliček divokých nemáme, mimo informací získaných díky kroužkování, dostatek informací o tahu středoevropských a východoevropských populací. Vysoké počty hrdliček během migrace táhnou ve velkých výškách, což znemožňuje využití kroužkovacích programů k přesnějšímu poznání charakteru migrace tohoto druhu (Dimaki & Alivizatos 2014).

## Dudek chocholatý (*Upupa epops* Linné, 1758)

Evropská populace dudků vykazuje nízkou míru vzájemné genetické diference, což má zásadní vliv na migrační chování, především pak ve variabilitě tahových cest (Reichlin et al. 2009; Bächler et al. 2010; van Wijk et al. 2018), kterých bylo pro evropské dudky určeno pět, z čehož zástupci naší populace využívají minimálně tři z nich (van Wijk et al. 2018). Obecný nedostatek informací o zimovištích dudků podtrhuje jediné zpětné hlášení ze Subsaharských zimovišť jedinců kroužkovaných v zemích Evropy mezi lety 1914–2005 (Reichlin et al. 2009).

Migrace dudků z našich hnízdišť je zřejmá již v průběhu srpna ale může trvat až do října, obdobně je široké období příletu na území České republiky – březen až květen (Cepák et al. 2008). Průměrné datum odletu českých jedinců vybavených geolokátory směrem k zimovišti v roce 2013 bylo 26. července, v opačném směru byl jejich návrat na hnízdiště stanoven na 13.



dubna (van Wijk et al. 2018). Individuální načasování migrace dudků vykazuje větší variabilitu při tahu na hnízdiště než při podzimním tahu. Lze tedy předpokládat možnost environmentálních vlivů právě na jarní tah oproti nejspíše endogennímu opodstatnění podzimního načasování (van Wijk et al. 2016). Dudek chocholatý byl historicky na území Československa v zimních měsících zastižen pouze dvakrát, a to vždy v prosinci v letech 1984 a 1969, oba případy lze tedy pokládat za zcela výjimečné (Bejček et al. 1995).

### Krutihlav obecný (*Jynx torquilla* Linné, 1758)

Přesná cílová destinace migrace českých krutihlavů obecných není známa, hlavní zimoviště evropské populace je však vymezeno širokým pásem od Senegalu až po východní Keňu. Tah je obvykle zahájen v pozdním létě, ale výskyt jednotlivců na našem území je možné doložit ještě v listopadu. Návrat na naše území obvykle bývá datován na duben (Cepák et al. 2008). Dle van Wijk et al. (2013) v případě jedinců původem z Německa a Švýcarska nedošlo u žádného ze sledovaných krutihlavů k dosažení Sahelu, naopak všichni jedinci zimovali buď na Pyrenejském poloostrově nebo v Maroku. Stejná studie pak uvádí naměřené rozdíly v délce křídel střeoevropské a severoevropské populace, což lze považovat za důkaz možného vzorce leapfrog migrace tohoto druhu.

### Skřivan polní (*Alauda arvensis* Linné, 1758)

Většina Evropských populací skřivana polního je tažná, naši ptáci pak využívají k zimování oblast Středomoří, kam vyráží z našich končin obvykle v září až říjnu. Skřivani jsou schopni velmi dobře reagovat na změny počasí, a především v sezonách s krátkodobou sněhovou pokrývkou a slabými mrazy se mohou pokusit o dřívější návrat ze zimoviště, či dokonce i o přezimování (Cepák et al. 2008). Sezónní výkyvy teplot nemají sice vliv na početnost skřivanů na zimovištích, ovlivňují ale délku jejich zimování, která se za nízkých teplot prodlužuje (Sokos et al. 2016).

Jaké je skutečné množství zimujících jedinců skřivana polního na našem území lze těžko odhadovat kvůli skrytému způsobu života tohoto druhu, který je ještě výraznější v zimních měsících. Vysoké obsazení 222 kvadrátů při mapování v letech 1982–85 ale nejspíše zaznamenává již počínající tah na hnízdiště, který lze pozorovat od poloviny února (Bejček et al. 1995).

### Konipas bílý (*Motacilla alba* Linné, 1758)

Obsazenost 137 kvadrátů při zimním sčítání v letech 1982–85 je rozporuplné pro nedostatek dat, která by mohla určit původ těchto jedinců, pro jejichž výskyt bylo navíc typické obsazování spíše kvadrátů význačných dostatkem vodních ploch a toků (Bejček et al. 1995). Zimovištěm většiny populace našich konipasů bílých je jižní Evropa a sever Afriky, v extrémních případech až po rovník, odkud se obvykle vrací v průběhu března (Cepák et al. 2008). Dřívější přílety na hnízdiště související s vyššími teplotami byly u konipasů potvrzeny v oblasti Jižního Uralu (Zakharov 2016).

## Rehek zahradní (*Phoenicurus phoenicurus* Linné, 1758)

Hlavním zimovištěm rehka zahradního je sahelové pásmo subsaharské Afriky, přesné určení místa zimování naší populace ale není dosud známo (Cepák et al. 2008). Zimoviště Dánských či Švýcarských populací se koncentrují do států v okolí Mali (Kristensen et al. 2013; Gersten & Hahn 2016).

Rehci z Dánské populace vybavení geolokátory v letech 2010–2011 vyrazili na zimoviště okolo 28. srpna, zpět na hnízdiště se pak stejní jedinci vrátili přibližně 22. dubna. Výrazný rozdíl 22 dnů při načasování odletu na hnízdiště mezi dvěma zimními sezonami byl v tomto případě přičten výrazně nehostinným podmínkám na zimovišti (Kristensen et al. 2013). Při studii migrace rehků původem ze Švýcarska v letech 2012 a 2013 byl doložen průměrný návrat na hnízdiště na 28. dubna (Gersten & Hahn 2016). Načasování migrace na hnízdiště pravděpodobně nepodléhá klimatickým podmínkám na zimovišti, v případě výskytu dřívějších příletů na hnízdiště lze tak předpokládat, že rehci jsou schopni ovlivnit samotnou délku migrace na základě environmentálních ukazatelů v průběhu tahu (Gersten & Hahn 2016). Lokální klima má následně vliv i na zahájení reprodukce rehků na hnízdištích prokazatelně i v rámci České republiky (Porkert et al. 2014).

Jediným záznamem rehka zahradního při mapování zimního výskytu let 1982–85 je únorový záznam z roku 1983 (Bejček et al. 1995). Poslední jedinci tohoto druhu opouští obvykle naše končiny na začátku září. První přílety zpět na česká hnízdiště je možné pozorovat koncem března (Cepák et al. 2008).

## Drozd zpěvný (*Turdus philomelos* Linné, 1758)

Vliv regionálních změn klimatu na migraci drozda zpěvného není zcela jasný. Redlisiak et al. (2018) uvádí sice prodloužení hnízdního období doložené pozdějším načasováním podzimního tahu, avšak na rozdíl od Tøttrup et al. (2006) a Sinelschikova et al. (2007) nedokládá dřívější jarní migraci. Dřívější iniciace jarního tahu tak možná souvisí s klimatickými změnami v oblastech zimování drozdů (Sinelschikova et al. 2007), nicméně nevhodné lokální klimatické podmínky na migračních trasách mohou následně nepříznivě ovlivnit samotný přílet na hnízdiště (Redlisiak et al. 2018).

Na zimoviště západního Mediteránu vyrazí naši drozdi zpěvní na přelomu září a října, zpět na hnízdiště České republiky se vracejí v průběhu března (Cepák et al. 2008). Pro evropskou populaci drozdů zpěvných byla popsána vysoká míra fidelity vůči hnízdišti, která dosahuje až 90 % (Milwright 2006). Výskyt drozda zpěvného v zimních měsících na našem území byl v letech 1982–85 prokázán v celkem 135 kvadrátech význačných nižší nadmořskou výškou. Původ těchto jedinců nebyl ověřen (Bejček et al. 1995).

## Žluva hajní (*Oriolus oriolus* Linné, 1758)

Přesné zimoviště naší populace žluv hajních není známé, typicky ale pro tento účel Evropské populace využívají státy jihovýchodní Afriky disponující deštnými horskými lesy (Cepák et al. 2008). Na základě analýzy stabilních izotopů per žluv obsažených ve sbírkách německých muzeí bylo rovněž určeno zimoviště této populace v oblasti jihovýchodní a centrální Afriky, především pak na území Demokratické republiky Kongo a okolních států

(Milano et al. 2021). Tah tímto směrem obvykle začíná nejpozději v srpnu. První žluvy se k nám vrací na přelomu dubna a května (Cepák et al. 2008).

Přestože je žluva hajní řazena mezi dálkové migranty, u kterých lze očekávat nižší adaptabilitu na změny prostředí, byl u chorvatské populace tohoto druhu mezi lety 1991 až 2016 zjištěn posun dřívějšího příletu na hnízdiště o šest dní, tedy průměrný roční posun o 0,23 dne (Dolenec 2022). Dřívější přílet žluvy byl zaznamenán i na území Polska, kde však tento posun byl prokazatelně signifikantní v případě lesního prostředí východní části země a dosahoval rozdílu 7 dní (Biaduń et al. 2011) ale jinak tomu bylo v případě městské populace Lublině kde posun nebyl signifikantní (Biaduń et al. 2009).

### Pěnice černošedá (*Sylvia atricapilla* Linné, 1758)

V populaci evropských pěnic černošedých dochází v nedávné době k významným změnám v migračních strategiích, kdy se část středoevropské populace přeorientovala k zimování na západě Evropy, tedy ve Francii a Velké Británii, což někteří autoři přikládají za vinu mikroevoluci uvnitř evropské populace (Helbig 1991; Berthold et al. 1992). Tato nová migrační strategie má zásadní vliv i na fitness jedinců obou migračních skupin, pěnice využívající nová zimoviště na západě Evropy jsou totiž v důsledku kratší migrační vzdálenosti schopny lépe načasovat návrat na hnízdiště, což se projevuje až o 10 dní dřívějším návratem při jarním tahu (Rolshausen et al. 2010). Pěnice jsou při výzkumu migrace často využívaným druhem, jejich široké rozšíření spolu se zastoupením sedentárních, migrujících i smíšených populací z nich činí jeden z nejlepších modelových druhů (Berthold 2010). Zároveň je z mnoha míst kontinentální Evropy pozorován výrazný posun v načasování jarního tahu, který na příkladu polské populace dosahuje až 17 dní (Biaduń et al. 2009).

Tah směrem ke Středozemnímu moři a severní Africe začíná u našich pěnic od srpna až do září či října. Návrat na naše hnízdiště lze pozorovat na začátku dubna (Cepák et al. 2008). V případě německých jedinců sledovaných v letech 2006 a 2007 byl pak návrat na hnízdiště hlášen mezi polovinu března až konec dubna (Rolshausen et al. 2010). Jako hlavní tahová trasa naší populace bývá uváděna jihovýchodní cesta vedoucí přes území Řecka, Kypru a Středního východu (Helbig 1991). Není výjimkou využívání různých zimovišť vzájemně vzdálených více než 2000 kilometrů jedinci jedné populace (Hiemer et al. 2018). Pozorování pěnic černošedých v letech 1982–85 v zimních měsících je omezeno na celkem šest případů, kdy se pět pozorování týká zimy 1982/83 a jedno pak zimy 1984/85, kdy došlo k pozorování pěnic ve čtyřech případech v prosinci, ve dvou pak v lednu (Bejček et al. 1995).

### Moudivláček lužní (*Remiz pendulinus* Linné; 1758)

Odlet moudivláčků z České republiky směrem k zimovištím v Itálii a jižní Francii probíhá nejpozději na konci října, zpětný tah se projeví obvykle na přelomu března až dubna (Cepák et al. 2008). V územní distribuci evropských moudivláčků probíhá dle údajů získaných díky kroužkování významná expanze v západním směru, kdy nejprve docházelo k obsazování nových lokalit v rámci zimování, na což postupně navázala i expanze hnízdních lokalit (Valera et al. 1993). Důkazem postupující expanze tohoto druhu je dokázána i zvyšující se frekvencí pravidelného zimování moudivláčků na území Maroka, tedy oblasti, která historicky tento druh

vůbec nehostila (Amezian et al. 2011). Středoevropské populace moudivláčka jsou převážně tažné, jejich výskyt na území České republiky v zimách 1982–85 byl omezen pouze na čtyři různá pozorování ve dvou odlišných kvadrátech (Bejček et al. 1995).

### Ťuhák obecný (*Lanius collurio* Linné, 1758)

Evropští ťuháci zimují obvykle v jižní Africe, naše populace se z těchto zimovišť vrací obvykle na konci dubna. V opačném směru pak většinou vyrazí v srpnu, ojediněle až v září (Cepák et al. 2008). Migrace ťuháků se zdá být silně ovlivněna endogenním způsobem, důkazem tomu je značně repetitivní načasování podzimní migrace, naopak tah na hnízdiště zdá se být více variabilním, což však pravděpodobně lze vysvětlit přizpůsobením rychlosti tahu na základě lokálních ukazatelů v průběhu samotné migrace (Pedersen et al. 2018). Samotné načasování podzimního tahu je napříč Evropskými populacemi jednotné (Pedersen et al. 2020), stejně tomu tak je i s migrační trasou, která vede i pro západoevropské populace skrze střední až východní Mediterán na podzim a Arabský poloostrov na jaře – jedná se tedy o kruhovou migraci (Tøttrup et al. 2012; Pedersen et al. 2020). Změny ve fenologii naší populace ťuháků zřejmě z dřívějšího hnízdění o průměrné 3–4 dny jsou, zdá se, zapříčiněny právě lokálními klimatickými podmínkami, které podstatně ovlivňují i úspěšnost hnízdění (Hušek & Adamík 2008).

### Špaček obecný (*Sturnus vulgaris* Linné, 1758)

Populace špačků západní a jižní Evropy jsou stálé, směrem na sever a východ ale vzrůstá podíl tažných populací. Zimování špačků na našem území bylo v letech 1982–85 výjimečné. Vysoký počet obsazenosti kvadrátů, tedy celkem 195, lze vysvětlit brzkým jarním tahem těchto ptáků, který lze pozorovat již v druhé půli února (Bejček et al. 1995).

Pravý tah špačků z našeho území sice začíná již v září, jeho vrcholem je však především říjen, jeho cílem je Itálie, Francie, Španělsko, Portugalsko a severní Afrika. Přílet na naše hnízdiště je velmi brzký, probíhá již v únoru a začátkem března. Zvláštností je přísná časová i geografická separace Evropských populací v rámci migrace (Cepák et al. 2008). Další zajímavostí je i existence dvou různých migračních strategií, které se vyskytují i v rámci stejné populace špačků, tedy buď obvyklý systém jarně-podzimní migrace anebo moult migrace, který byl nově popsán právě u špačků (Tonra & Reudink 2018; Vīgants et al. 2023).

Na základě relokací špačků z Nizozemska se ukázalo, že věrnost zimovišti je pravděpodobně výsledkem sociálního učení a znalosti prostředí. Dospělci, kteří již v minulosti migrovali se i přes relokaci vraceli na stejná zimoviště, kdežto juvenilní jedinci sice migrovali ve správném směru, ale zimoviště mateřské populace přelétli (Perdeck 1958). Špačka obecného lze obecně řadit mezi druhy migrující na krátkou vzdálenost, nicméně dle dlouhodobé studie Dinsbergs et al. (2023) vznikl mezi lety 1922–2017 nesoulad mezi načasováním migrace na hnízdiště a začátkem meteorologického jara, kdy se ve zmiňovaném období v oblasti východní Evropy uspíšil návrat špačků o 4,7 dne, nástup jara se ale ve stejném úseku posunul o celých 17,1 dne.

## Břehule říční (*Riparia riparia* Linné, 1758)

Podzimní migrace českých břehulí, začínající v srpnu až září, má za cíl oblast jižní Afriky, konkrétně především oblast východní subtropické a tropické Afriky na území států Súdánu, Senegalu, Nigérie, Zairu, Ugandy, Etiopie, Keni, Zambie a JAR (Cepák et al. 2008). Zda je skutečný areál zimovišť našich břehulí takto široký však není jisté, například maďarská populace využívá většinou k zimování výrazně menší oblast vymezenou především Čadskou pánví (Szép et al. 2017). První břehule na našem území lze pozorovat od poloviny května (Cepák et al. 2008).

Společné řazení břehulí, vlaštovek a jiříček do čeledi Hirundinidae a zároveň podobné migrační chování včetně tras a načasování nabízí mnoho úrovní srovnání těchto třech druhů. Jedním takovým může být například situace s přiletu břehulí a vlaštovek na území Velké Británie, kdy historicky platné pořadí přiletu těchto dvou druhů svědčilo o dřívějším návratu vlaštovek. V průběhu let 1950–2005 se však tento vztah obrátil a ač se přilet obou druhů uspíšil, výraznější posun byl zaznamenán právě u břehulí a došlo i ke změně v pořadí přiletu obou druhů (Sparks & Tryjanowski 2007). Dalším příkladem pak může být srovnání migrace břehulí a jiříček z území Maďarska, kde bylo zaznamenáno poměrně synchronní načasování podzimního tahu obou druhů, ale zpětná migrace na hnízdiště byla zásadně odlišná jak v délce, tak i načasování (Szép et al. 2017). Pro porovnání schopnosti přizpůsobit se klimatickým změnám je, soudě dle srovnání dřívějších návratů na hnízdiště, v rámci této čeledi právě břehule nejprizpůsobivější (Sparks et al. 2007).

## Vlaštovka obecná (*Hirundo rustica* Linné, 1758)

Česká populace vlaštovek obecných vyrazí na podzimní cestu za zimovišti střední a jižní Afriky od konce srpna až poloviny září. Zpětná migrace se projevuje obvykle až v druhé polovině dubna, výjimečně se však u nás vlaštovky mohou začít objevovat již na konci března (Cepák et al. 2008). Vlaštovka je typickým druhem využívajícím tzv. loop migraci, která v tomto případě dosahuje extrémní variability i v rámci jedné hnízdní kolonie, s čímž pak souvisí i výrazná disperze v rámci zimovišť (Klvaňa et al. 2018). Nezanedbatelnou roli v individuálním načasování návratu na hnízdiště má v případě vlaštovek prokazatelně i fyzická zdatnost jedince nezávisle na zbytku hnízdní kolonie (Matyjasiak 2013).

Změny v načasování přiletu vlaštovek na hnízdiště až o 18 dní byly zaznamenány z oblasti východního Polska (Biaduń et al. 2011). Překvapivě opačný trend byl však pozorován v letech 1961–2000 na území Slovenska, kde nejenže docházelo k pozdějším návratům na hnízdiště, ale rovněž bylo zaznamenáno i zkrácení doby, kterou vlaštovky na pozorovaných lokalitách trávily. Toto zjištění pravděpodobně souvisí s vlivem lokálních klimatických podmínek na migraci (Sparks & Braslavská 2001).

## Jiříčka obecná (*Delichon urbicum* Linné, 1758)

Poslední jedinci jiříček opouštějí naši republiku výjimečně až na počátku listopadu, obvyklý odlet bývá ale iniciován již ke konci září. Cílová destinace naší populace není známa, další evropské populace se však zdržují v Nigérii, Kongu, Zambii a ve státech jižní Afriky (Cepák et al. 2008), stejně jako ve státech východní Afriky jako jsou Uganda a Etiopie (Szép

et al. 2017). Zpětný tah je na území České republiky zřejmý počátkem dubna (Cepák et al. 2008). Miles et al. (2017) uvádí tendenci dřívějšího přiletu jiříček na hnízdiště a zároveň jejich delšího setrvání.

Vazba mezi dřívějšími přiletými jiříček na hnízdiště a stoupající lokální teplotou na území Chorvatska byla prokázána za sledovací období 1981–2008 (Dolenec & Dolenec 2011). Naopak vliv globální změny vyjádřené pozitivními indexem Severoatlantické oscilace (NAO) byl potvrzen u italské populace jiříček, což lze přičítat vlivu tohoto jevu na migrační trasy vedoucí přes Středozevní moře (Rubolini et al. 2007).

### Slavík obecný (*Luscinia megarhynchos* Brehm, 1831)

Na našem území se slavíci pravidelně objevují v druhé půli dubna. Poslední slavíci obecní pak opouští Českou republiku v polovině října. Přesné zimoviště naší populace není doposud známo, evropské populace však k tomuto účelu využívají západní a střední Afriku (Cepák et al. 2008).

Dřívější návrat na hnízdiště o 11 dní byl u slavíků prokázán na území Chorvatska (Kralj & Dolenec 2008). Ač nesignifikantní, jistá vazba mezi indexem NAO a posunem k dřívějším návratům slavíků spolu s dalšími druhy dálkových migrantů (čáp bílý, krutihlav obecný, vlaštovka obecná, hrdlička divoká a rorýs obecný), byla prokázána i pro českou populaci v dlouhodobé studii prvních záznamů (FAD) těchto druhů (Hubálek 2004). Jako u většiny dálkových migrantů jsou i při migraci slavíků neopomenutelným ukazatelem pro správné uzpůsobení migrace fenologické procesy v průběhu samotného tahu. Jak ale ukázala nedávná studie Emmenegger et al. (2016), slepé následování těchto vodítek může na příkladu slavíků způsobit nesprávné načasování individuální migrace, především pak toto riziko hrozí pro již v současné době klesající západoevropskou populaci. Jako pravděpodobným hlavním spouštěčem migrace se zdá být fotoperioda, vliv fenologických změny na zimovištích totiž nebyl prokázán (Emmenegger et al. 2014).

Trendy ve změnách načasování migrace jsou, zdá se, odlišné napříč evropskými populacemi. Důkazem tomu jsou španělští slavíci, tedy jedna z populací, která musí na zimoviště v oblasti Sahelu urazit nejkratší vzdálenosti a u níž došlo mezi lety 1995–2014 ke zpoždění návratu na hnízdiště o průměrných 10,9 dne (Remacha et al. 2020). Pozitivní vazba mezi prvními přiletými na hnízdiště slavíků a vydatnými sezonními srážkami byla pozorována u italské populace (Rubolini et al. 2007).

Rovněž zajímavým důkazem rozdílnosti západních a východních populací tohoto druhu jsou s migrací pravděpodobně související morfologické rozdíly obou regionů zřejmé z rozdílné délky křídel, která je u západních populací menší v porovnání s východními (Hahn et al. 2016). Zjištění Remacha et al. (2020) o postupném zkracování křídel zástupců zapadoevropské populace může pak být důkazem mikroevolučních procesů.



U druhů, pro které nebylo na základě dat ze zpětných hlášení možné určit přesné místo zimování české populace, byly využity mapy rozšíření dostupné na webových stránkách IUCN Red List of Threatened Species (2017). Z těchto podkladů byly vyloučeny oblasti, kde naše populace nezimují (např. zimoviště čápa bílého v Indii).

V obou případech byla určena vzdálenost (km) mezi geometrickým středem České republiky a centroidem polygonu zimoviště. V případě georeferencovaných map byl polygon vytvořen na základě spojení bodů zpětných hlášení.

#### 4.1.2 Data o výskytu ptáků

Jako zdrojové databáze byly využity NDOP (Nálezová databáze ochrany přírody a krajiny) (AOPK ČR 2022) a databáze GBIF (Global Biodiversity Information Facility) (GBIF.org 2023). Extrahovány byly všechny záznamy o výskytu cílových druhů mezi lety 1990–2020 na území České republiky. Z databáze GBIF byly využity pouze záznamy projektů občanské vědy eBird, iNaturalist a naturgucker.de.

Oba datasets byly sloučeny pro každý druh do jednoho souboru. Následně byly odstraněny duplicitní záznamy (NDOP obsahuje část záznamů iNaturalist a eBird) a rovněž byly odstraněny záznamy s delším časovým intervalem, než je jeden den (tedy záznam o výskytu obsahující rozdílné datумы ve sloupcích „datum od“ a „datum do“). Data pozorování byla převedena na číslo dne v roce (1.1. = 1, 2.1. = 2...).

Často používanou metodou srovnávající fenologické změny související s návraty tažných ptáků na hnízdiště je FAD (First arrival date) (např. Sparks 1999; Tryjanowski & Sparks 2001; Ptaszyk et al. 2003; Biaduń et al. 2009; Both et al. 2010; Tomotani et al. 2021). Nicméně už Sparks (1999) ve své práci na příkladu hrdličky divoké poukazuje na vliv velikosti populace na FAD a zpochybňuje tak využití tohoto ukazatele pro porovnání změn v migračním chování ptactva. Podobné tvrzení pak uvádí i studie zaměřená na FAD růhůk obecných (Tryjanowski & Sparks 2001). Ve srovnávacím šetření uvádí Moussus et al. (2010) využití FAD jako nevhodné a snadno ovlivnitelné vnějšími faktory, jako je například právě populační dynamika. Jako lepší varianty pro přesnější určení fenologických změn uvádí tato studie MAD (Mean arrival date, někdy také MFAD – Mean first arrival date), či využití určitého procenta prvních pozorování.

Většina výše jmenovaných prací využívá přímo fenologická pozorování zaměřující se výhradně na období tahu, navíc často omezeného na konkrétní studijní místo (Biaduń et al. 2009; Tomotani et al. 2021). Což je odlišuje od datového souboru využitého pro účely této práce. Data využívaná v této práci pochází z více zdrojů založených na občanské vědě, použití FAD je tudíž neslučitelné s charakterem tohoto datového souboru, který není v rámci České republiky omezen časově ani prostorově. Pro vyhodnocení návratu na hnízdiště tak bylo použito prvních 5 % záznamů konkrétního druhu v daném roce, z čehož byl využit medián všech hodnot obsažených v tomto intervalu. Podobně byl stanoven medián posledního záznamu na území České republiky. Takovýto postup dovozuje omezení vlivu extrémních pozorování ze začátku či konci ročního cyklu, které mohou být způsobeny individuálními extrémními jedinci. Zároveň se do jisté míry do výsledků promítá i meziroční kolísání populace díky zahrnutí kompletního datového souboru daného roku. Na výši procenta zastupujícího přilet na hnízdiště není obecná shoda, používá se obvykle s ohledem na datový soubor 5, 10 nebo 25 %.



Jelikož se tato práce soustředí na určení návratu, využití 5 % se jeví jako adekvátní. S přibývajícím množstvím jedinců na hnízdišti totiž stoupá jejich zjistitelnost související se zpěvem a obranou teritoria, takové projevy jsou typické až po dosažení cílové destinace (Tryjanowski & Sparks 2001).

### 4.1.3 Údaje o teplotách a srážkách

Pro adekvátní stanovení klimatických ukazatelů bylo zvoleno 14 meteorologických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ 2022) reprezentujících jednotlivé kraje České republiky. Voleny byly stanice, které byly co nejbliže geometrickému středu daného kraje a zároveň disponovaly nepřerušenu sadou dat o průměrných měsíčních teplotách a celkovém měsíčním úhrnu srážek mezi lety 1990–2020 (Tab. 1). Všechny 14 hodnot průměrných teplot a celkového úhrnu srážek za jednotlivé měsíce ze všech stanic byly zprůměrovány pro konkrétní měsíce. Tedy například průměr všech 14 hodnot pro leden 1990. Pro další vyhodnocení schopnosti ptáků načasovat migraci byly použity meteorologické údaje konkrétního měsíce, ve kterém byl přilet či odlet stanoven.

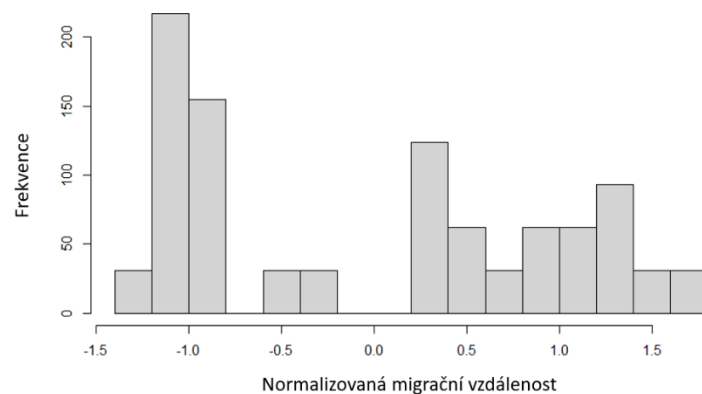
**Tab. 1:** Meteorologické stanice

Kraj	Stanice
Praha	Karlovy Vary
Středočeský	Neumětely
Jihočeský	Borkovice
Plzeňský	Nepomuk
Karlovarský	Olšovská Vrata
Ústecký	Žatec
Liberecký	Jablonné v Podještědí
Královehradecký	Holovousy
Pardubický	Pardubický
Vysočina	Hubenov
Jihomoravský	Troubsko
Olomoucký	Přerov
Moravskoslezský	Vítkov
Zlínský	Vizovice

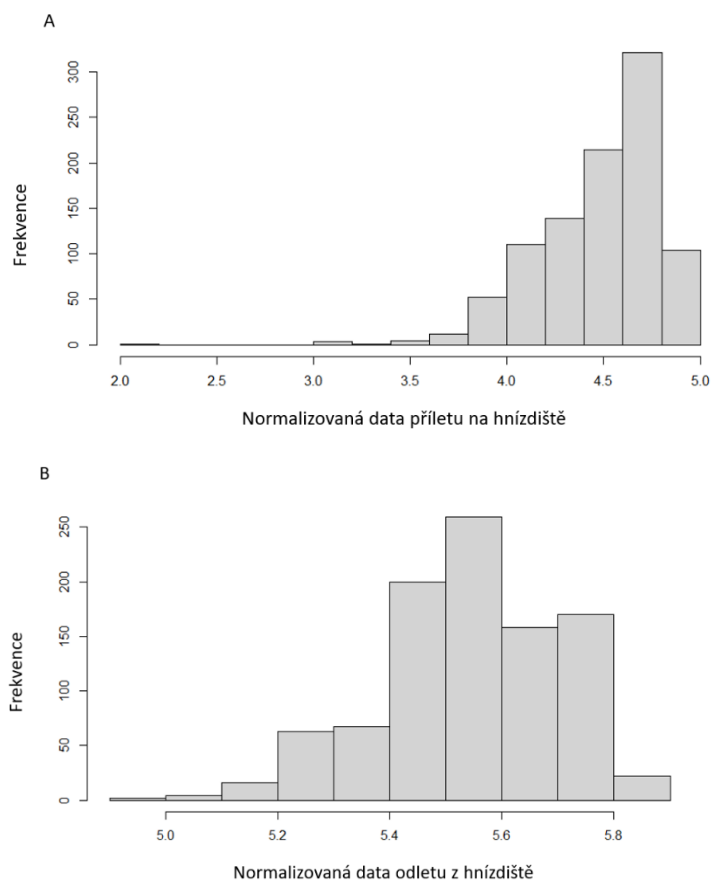
### 4.1.4 Statistická analýza

Ke statistickému šetření byly využity programy STATISTICA verze 12 a RStudio verze 2022.7.2.576. Normalita meteorologických dat byla testována pomocí Shapirova-Wilkova testu. Normalizace dat o migrační vzdálenosti byla v RStudio docílena pomocí funkce „scale“, která střední hodnotu převádí na nulovou (Obr. 2). Normalizované rozložení dat přiletu a odletu

na základě logaritmu zobrazuje Obr. 3. Pro srovnání vývoje fenologických změn byly měřené hodnoty z roku 1990 použity jako výchozí, na jejichž základu se srovnával pozdější vývoj.



**Obr. 2:** Histogram normalizované migrační vzdálenosti (funkce škálování).  $\bar{x} = 0$ ;  $Me = 0,2193$ ;  $Min = -1.2241$ ;  $Max = 1.7354$



**Obr. 3:** Histogramy normalizovaného data přiletu (A) a odletu (B) na základě logaritmu

## 5 Výsledky

Informace o migrační vzdálenosti cílových druhů včetně zdroje použitého k jejímu měření obsahuje Tab. 2. Normalita meteorologických dat jednotlivých měsíců dle Shapirova-Wilkova testu byla potvrzena ( $p \geq 0,05$ ).

**Tab 2:** Migrační vzdálenosti cílových druhů. Zdroj: The IUCN Red List of Threatened Species; Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky

Druh	Mig. vzdálenost (IUCN)	Druh	Mig. Vzdálenost (Atlas)
Chrástal polní	7569,60	Moták pochop	2710,38
Rorýs obecný	6890,00	Kvakoš noční	2622,10
Žluva hajní	6786,50	Drozd zpěvný	1456,60
Ťuhýk obecný	6714,00	Konipas bílý	1454,10
Vlaštovka obecná	6468,89	Holub hřivnáč	1435,30
Rybák obecný	6234,90	Špaček obecný	1381,53
Kukačka obecná	6161,10	Holub doupňák	1348,50
Jiříčka obecná	5879,50	Čejka chocholátá	1285,30
Čáp bílý	5851,60	Skřivan polní	1268,03
Břehule říční	5425,00	Pěnice černohlavá	1173,39
Slavík obecný	4748,50	Sluka lesní	1150,10
Krutihlav obecný	4563,50	Lžičák pestrý	1059,11
Křepelka polní	4409,80	Bekasina otavní	1041,20
Rehek zahradní	4337,50	Chrástal vodní	967,60
Dudek chocholátý	4302,10	Moudřivláček lužní	799,92
Hrdlička divoká	4101,60		

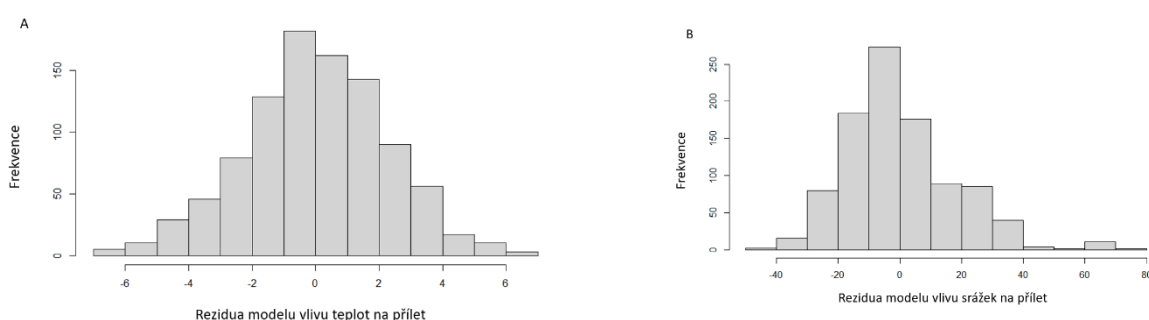
Popisné statistiky základního souboru a souhrnné srovnání mezi výchozími hodnotami v roce 1990 a následujícími roky zobrazuje Tab. 3, ze které vyplývá zpoždění přiletu na hnízdiště v průměru o 2,31 dne, avšak medián přiletu je roven nule. Naopak tento souhrn ukazuje průměrný posun odletu z hnízdiště k pozdějšímu datu o 12,11 dne (medián = 8 dní).

**Tab. 3:** Popisné statistiky příletových a odletových podmínek a jejich srovnání s výchozí hodnotou roku 1990

	Přílet			Odlet				
	Datum	Teploty	Srážky	Datum	Teploty	Srážky		
Celkový soubor	Min	8	-5,36	4,33	Min	137	-4,61	0,79
	Me	95	7,51	34,89	Me	257	13,22	53,58
	$\bar{x}$	92,4	7,03	38,3	$\bar{x}$	259,5	12,56	58,79
	Max	143	16,86	125,17	Max	362	21,83	204
Rozdíl od roku 1990	Min	-67	-11,80	-54,32	Min	-186	-14,64	-65,52
	Me	0	0	-3,12	Me	8	1,08	1,60
	$\bar{x}$	2,31	-0,49	-3,58	$\bar{x}$	12,11	0,79	6,00
	Max	68	9,03	86,77	Max	131	17,8	170,00

## 5.1 Přílet na hnízdiště a meteorologické vlivy

Pro vyhodnocení vztahu rozdílu v teplotách a datu příletu na hnízdiště byl použit lineární smíšený model pomocí funkce „lmer“, jehož pevnými efekty jsou rozdíl v příletech a normalizovaná vzdálenost. Náhodným efektem jsou pak jednotlivé druhy. Výběr nejlepšího modelu proběhl na základě Akaikova informačního kritéria (AICc) za použití funkce „dredge“. Jako hodnotící kritérium pro výběr modelu byla zvolena hodnota delta, která značí nejlepší model na základě nejnižší hodnoty. Stejné efekty byly použity i při sestavování modelu pro popis rozdílu v úhrnu srážek v době příletu na hnízdiště. Normalita reziduí obou modelů jsou graficky znázorněny v Obr. 4. Testovaná normalita reziduí pro model změn v teplotách pomocí Shapiro-Wilkova testu značí normální rozdělení ( $p = 0,1994$ ). Naopak rozdělení reziduí pro srážky v době příletu na hnízdiště normálního rozdělení nedosahují ( $p = 5,825e-16$ ).



**Obr. 4:** Rezidua modelu vlivu teplot (A) a srážek (B) na přílet

Analýza provedená metodou ANOVA uvádí vazbu proměnných na rozdíl v teplotě v době příletu. Hodnota F pro rozdíl v datu příletu je velká (164,76) a pravděpodobnost, že by byla takto extrémní, pokud by nulová hypotéza byla pravdivá, je méně než  $2,2e-16$ , což znamená, že existuje silný vliv rozdílu v příletu na vývoj teplot od roku 1990. Hodnota F pro normalizovanou vzdálenost je také statisticky významná s hodnotou 14,44 a pravděpodobností 0.00068, což ukazuje, že vzdálenost mezi lokalitami má také významný vliv na rozdíl v teplotě v době příletu. Souhrn modelu uvádí odhad koeficientu pro rozdíl v příletu ve výši 0,091. Pro normalizovanou vzdálenost pak ve výši 1,26. Výsledky náhodných efektů ukazují vnitrodruhovou směrodatnou odchylku v příletových teplotách s hodnotou 2,28 a mezidruhový rozptyl ve výši 3,24.

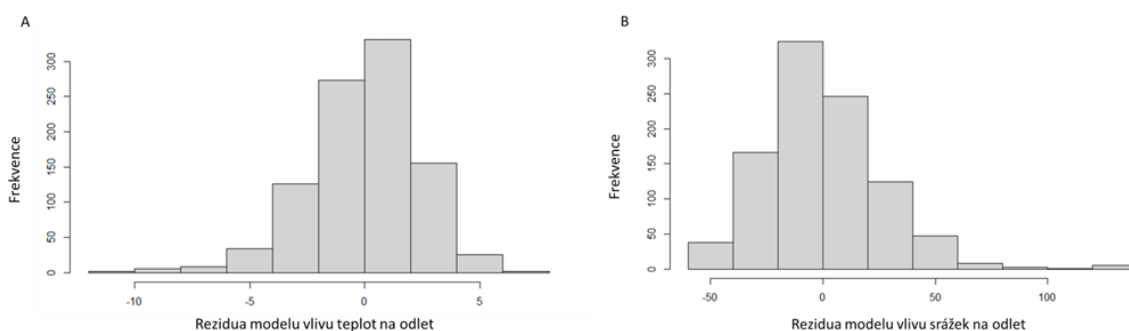
V případě výsledků ANOVA pro vztah srážek na hnízdišti a rozdílu v načasování migrace je zřejmá interakce mezi normalizovanou vzdáleností migrace a rozdílem v načasování migrace vzhledem k roku 1990. Výsledný efekt je statisticky významný ( $F(13,5781) p = 0,0002419$ ). Samostatný vliv vzdálenosti však významný není ( $F(0,0127) p = 0,911$ ), naproti tomu vliv rozdílu v načasování sám o sobě je statisticky významný ( $F(18,4854) p = 1,895e-05$ ). Vnitrodruhová směrodatná odchylka v úhrnu srážek je v tomto případě 17,63 mm, mezidruhový rozptyl je ve výši  $\sigma^2 = 310,70$ .

## 5.2 Odlet z hnízdiště a meteorologické vlivy

Stejně jako v případě srovnání načasování příletu s meteorologickými změnami byl pro tah v opačném směru využit lineární smíšený model. Výběr modelu taktéž probíhal stejně, tedy pomocí AICc. Normality reziduí obou modelů jsou obsaženy v Obr. 5. Testovaná normalita reziduí modelu změn v teplotách při odletu nebyla dosažena ( $p = 1,03e-10$ ). Normalita nebyla potvrzena ani v případě reziduí pro model vlivu srážek na odlet z hnízdiště ( $p = 2,2e-16$ ).

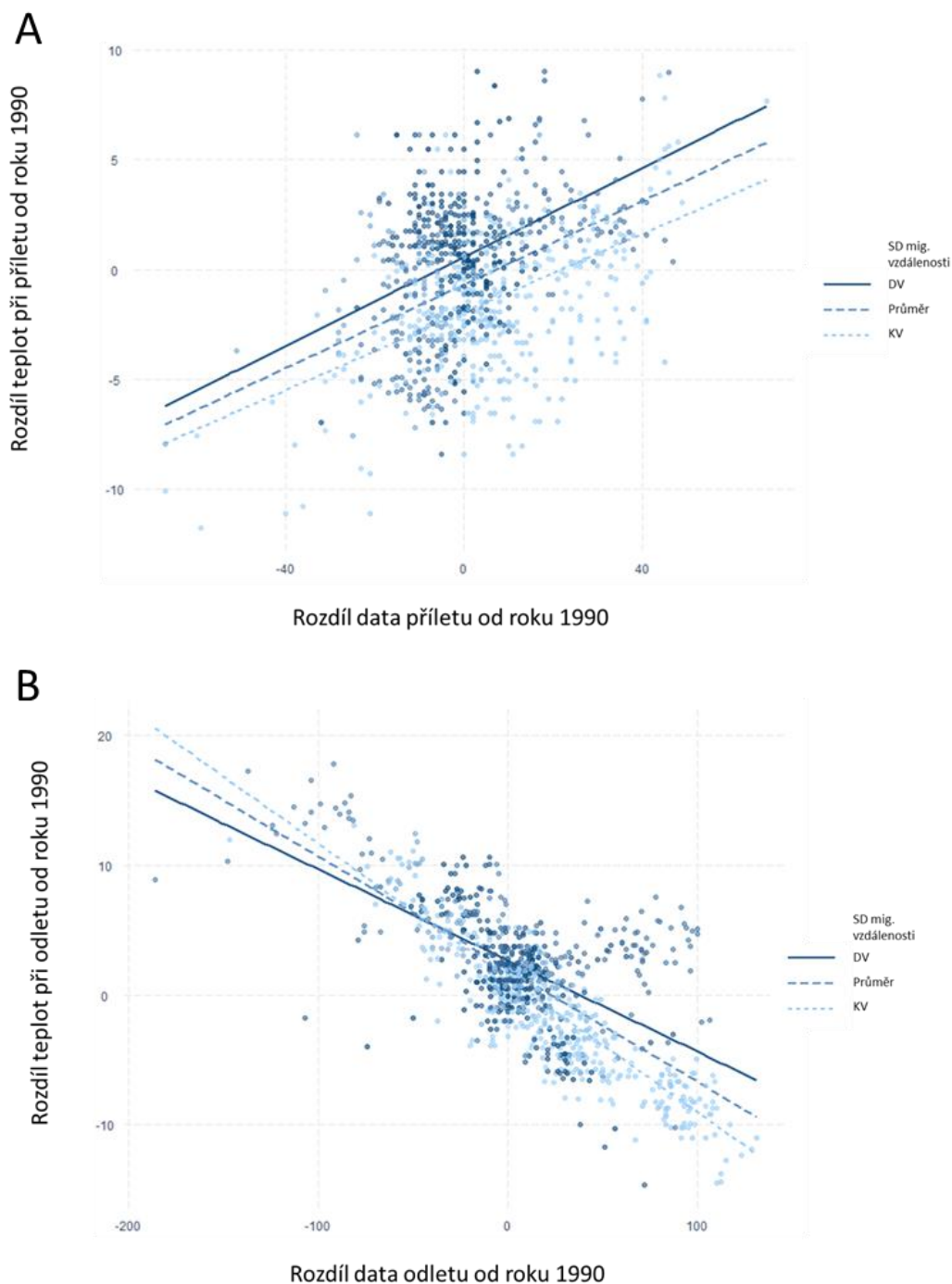
Analýza ANOVA provedená na modelu pro vztah mezi teplotou v době odletu a načasování migrace uvádí interakci mezi migrační vzdáleností a změnou v načasování migrace. Tato interakce je statisticky významná ( $F(17,9431) p = 2,506e-05$ ). Samostatný vliv načasování migrace je také signifikantní ( $F(596,0624) p = 2,2e-16$ ). Oproti tomu normalizovaná migrační vzdálenost signifikantní není ( $F(2,4749) p = 0,1263$ ). Zároveň byla zjištěna signifikantní vnitrodruhová variabilita v teplotách  $SD = 2,32$  a mezidruhový rozptyl  $\sigma^2 = 5,37$ . Výsledky ukazují, že rozdíl teploty při odletu má vliv na vzdálenost migrace ptáků a že tento vliv se může lišit mezi jednotlivými druhy.

Výsledky ANOVA pro vliv rozdílu srážek na načasování odletu z hnízdiště potvrzují vliv na změny v načasování migrace ( $F(34,942) p = 4,975e-09$ ). Migrační vzdálenost nehraje s ohledem na srážky při načasování odletu z hnízdiště významnou roli ( $F(1,5707) p = 0,2207$ ). Výsledky ukazují vnitrodruhovou odchylku úhrnu srážek v době odletu ve výši  $SD = 22,90$ . Rozptyl mezidruhové variability dosahuje v tomto případě  $\sigma^2 = 524,60$ .

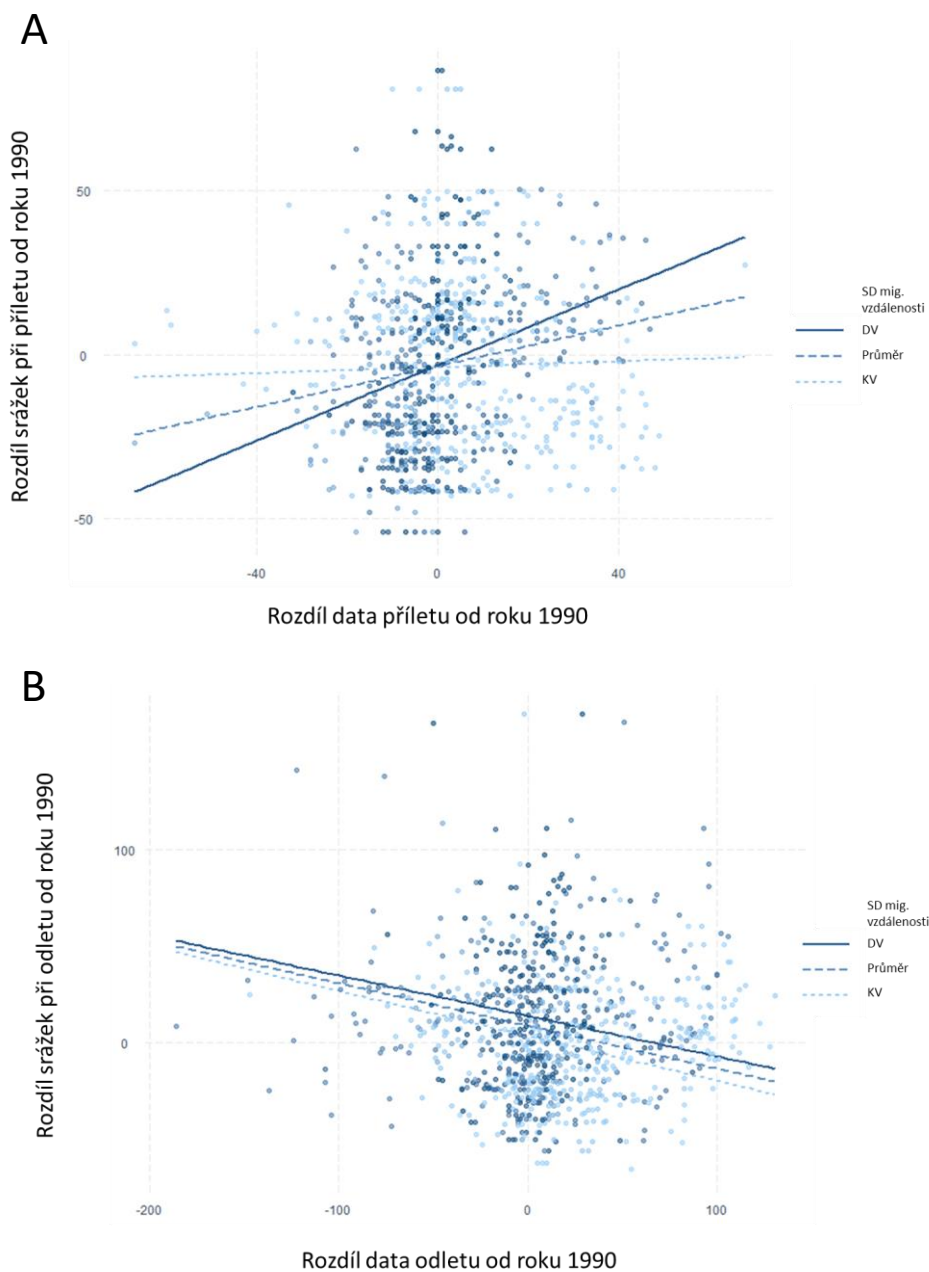


**Obr. 5:** Rezidua modelu vlivu teplot (A) a srážek (B) na odlet z hnízdiště

Všechny výsledné modely vlivu teplot a srážek na jednotlivé fenologické procesy jsou předmětem Obr. 6 a Obr. 7. Jak již bylo zmíněno v textu, interakce mezi vzdáleností a meteorologickým ukazatelem byla dosažena ve dvou případech modelů.



**Obr. 6:** Modely vlivu teplot při přiletu (A) a odletu (B) na změny v načasování migrace. Bod 0 představuje výchozí stav z roku 1990. Linie DV (dlouhá vzdálenost) a KV (krátká vzd.) sdílejí barevné značení s jednotlivými případy (body)

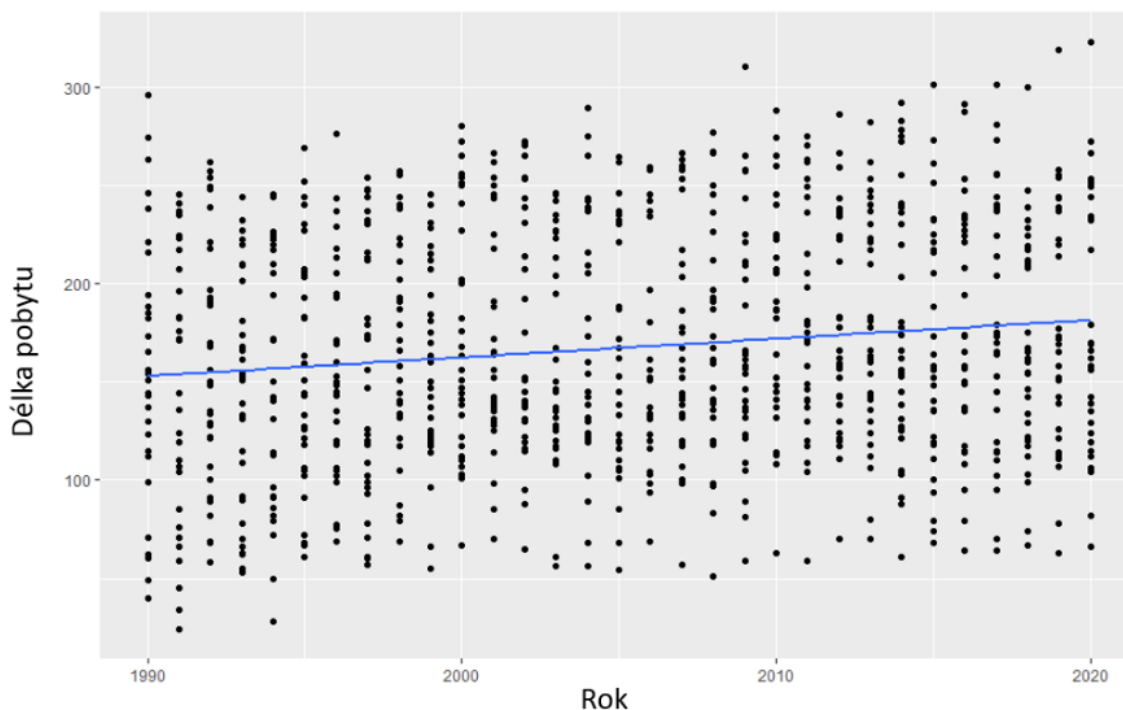


**Obr. 7:** Modely vlivu srážek při příletu (A) a odletu (B) na změny v načasování migrace. Ukazatele jsou shodné jako v Obr. 6

### 5.3 Délka pobytu na území České republiky

K analýze změn v délce pobytu v rámci hnízdní sezony byl rovněž využit lineární smíšený model. Jako fixní faktor byl pro model použit rok, náhodným faktorem jsou pak jednotlivé druhy.

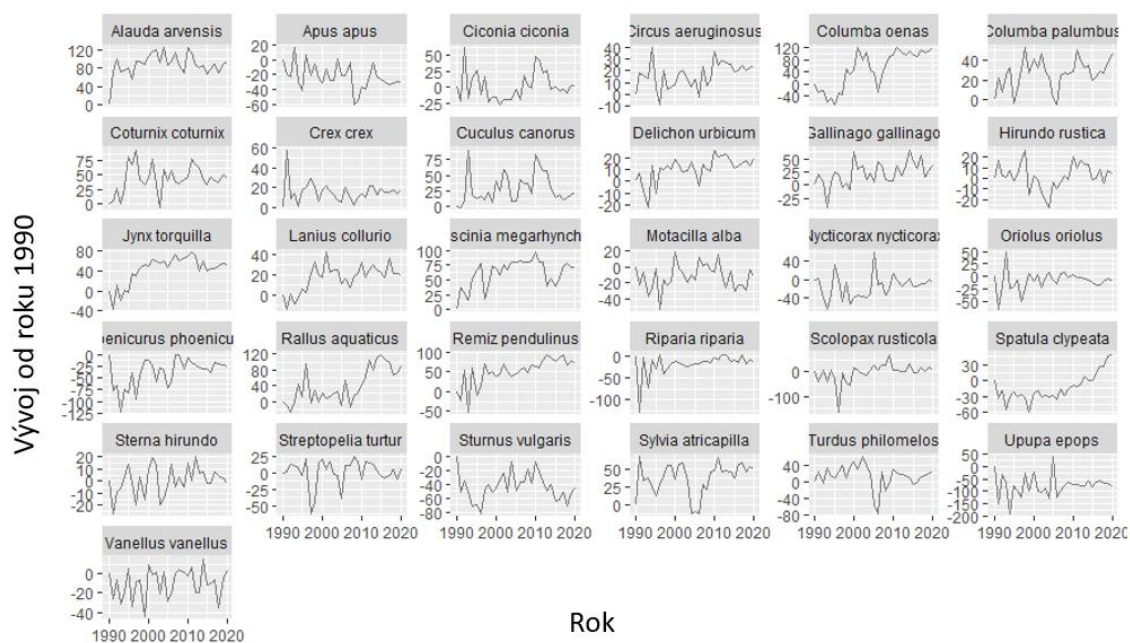
Výsledky ANOVA ukazují, že rozdíl mezi datem odletu a datem příletu ptáků se statisticky významně liší v závislosti na roce pozorování ( $F = (113,23) p = 2,2e-16$ ). Konkrétně bylo zjištěno, že s každým rokem pozorování se rozdíl mezi daty odletu a příletu zvyšuje průměrně o 0,95 dne ( $SE = 0,089$ ). Vliv druhů ptáků byl také zahrnut do modelu a výsledky ukazují, že existují významné rozdíly v této charakteristice mezi druhy ptáků ( $SD = 55,13$ ). Celkově lze tedy interpretovat, že existuje statisticky významný trend zvyšování rozdílu mezi datem odletu a datem příletu ptáků v průběhu let a že tento trend se může lišit v závislosti na druhu ptáků. Grafické znázornění souhrnného vývoje délky hnízdní sezony zobrazuje Obr 8.



**Obr. 8:** Vývoj délky hnízdní sezony od roku 1990. Jednotlivé body reprezentují konkrétní hnízdní sezony jednoho z druhů

Variabilita je v rámci tohoto zkoumání vysoká jak na úrovni druhové, tak i v migračních strategiích. Tyto faktory ovlivňují výrazně délku pobytu. Přestože lze očekávat u ptáků migrujících na dlouhou vzdálenost menší variabilitu, souhrnný výsledek přesto popisuje postupný trend prodlužování hnízdní sezony. Mezdruhová variabilita je zřejmá z Obr. 9.





**Obr. 9:** Vývoj délky pobytu na území České republiky od roku 1990. Na ose y je vyznačen rozdíl v délce pobytu od výchozí hodnoty z roku 1990

## 6 Diskuze

Výsledky prezentované v předešlé kapitole naznačují významný potenciál občanské vědy při zkoumání fenologických procesů. Množství dat, kterými disponují databáze spojené s občanskou vědou, nabízí nové příležitosti zkoumání ekologických procesů a uplatňování nových pohledů na změny lokálních podmínek v důsledku klimatické krize. V této práci bylo využito vícero zdrojů dat občanské vědy, jejichž původním účelem nebylo sledování fenologických změn. Právě komplexnost využití databáze umožňuje porovnání migračních procesů v kontextu celé naší populace.

Notná část prací zabývajících se populační dynamikou migrujících druhů se shoduje na výraznějším riziku pro dálkové migranty a jejich populační hustotu (např. Both et al. 2006; Gienapp et al. 2007; Both et al. 2010). Nicméně lokální podmínky se mohou snadno stát opomíjeným faktorem ovlivňujícím životaschopnost populací (např. Brown & Brown 2000; Sparks & Braslavská 2001; Reif et al. 2006; Ellwood et al. 2010; Tomotani et al. 2021). Ale právě lokální podmínky jsou hlavním hybatelem tahu, především pak za předpokladu, že evoluční podstatou migrace je pohyb zdůvodněný kompeticí o zdroje (Southwood 1962). Podstatná část tažných druhů, především pak těch potravně specializovaných a insektivorních, tak přímo závisí na správném načasování migrace s ohledem na lokální variabilitu (Puigserver et al. 1999; Saino et al. 2007; Rodríguez–Teijeiro et al. 2012; Reif 2022).

Celá řada autorů uvádí globální ukazatele jako je NAO jako významnější prvek klimatické změny ovlivňujícího načasování tahu dálkových migrantů (např. Hüppop & Hüppop 2003; Hubálek 2004; Jonzén et al. 2006; Gienapp et al. 2007; Reif et al. 2022; Remisiewicz & Underhill 2022). Zároveň Remisiewicz & Underhill (2022) uvádí i větší carry-over efekt globálních procesů. Nepochybně významná vzdálenost mezi zimovišti omezuje schopnost uzpůsobit migraci, vliv globálních faktorů by tedy vysvětloval pozorované změny v načasování migrace právě u dálkových migrantů. Za zamýšlení určitě stojí i možný vliv zkušeností či možnost učení (Visser 2008), které mají vliv na modifikaci tahu u migrantů na krátkou vzdálenost (Perdeck 1958; Visser 2008).

### 6.1 Změny klimatu a migrace

Z výsledků vyplívá různý vliv změn lokálních teplot na načasování migrace. Nesoulad načasování migrace ve směru na hnízdiště (Obr. 6 A) s ideálními teplotními podmínkami lze vysvětlit několika způsoby. První možností je snaha především samčí části populace o dřívější obsazení teritorií i přes riziko přiletu za nevhodných podmínek (Tryjanowski & Sparks 2008; Zduniak & Yosef 2008; Matyjasiak 2013). V takovém případě by se ale dalo očekávat že se i ušíší průměrné datum přiletu. To se ale dle zde prezentovaných výsledků nestalo.

Další možností, jak tento jev vysvětlit je možná dezinterpretace fenologických ukazatelů během tahu (Gienapp et al. 2007; Visser 2008; Ellwood et al. 2010; Emmenegger et al. 2016; Schmaljohann & Both 2017). Takovou možnost uvádí práce Tomotani et al. (2021) ve které byl pozorovaný podobný jev nesprávného načasování přiletu na hnízdiště. U tohoto vysvětlení lze také označit klimatické změny jako příčinu nesprávného načasování (Visser 2008). V této práci jsou zohledněny meteorologické ukazatele v době konkrétního tahového jevu. Je tedy možné, že k načasování přiletu dochází na základě teplot předcházející přiletu (Koleček et al. 2020).

Nelze také opomenout možnost vlivu lokality, tedy v tomto případě České republiky. Lokální klima mělo například prokazatelně vliv na zpoždění migrace vlaštovek obecných na Slovensku (Sparks & Braslavská 2001). Zároveň v rámci České republiky dochází v současné době k výrazné homogenizaci ptačí populace (Reif et al. 2022), což může naznačovat možné změny ve fidelitě vůči našim hnízdištím. Takový jev by pak vysvětloval především podíl migrantů na krátkou vzdálenost na zde popsany trend.

Naopak vliv teplot na pozdější termín odletu z hnízdiště je zřejmý (Obr. 6 B). Posun odletu z hnízdiště o průměrných 12,11 dne k pozdějšímu datu a zároveň i vyšší průměrná teplota během odletu o 0,79 °C poměrně dobře vykresluje extrémní teplotní změny. Tento fakt navíc umocňuje i body znázorňující druhy migrující na krátkou vzdálenost (Obr. 6 B) u nichž dochází v některých případech k extrémnímu oddálení odletu na zimoviště (viz Tab 4). Oddálení migrace ve směru k zimovišti u dálkových migrantů bylo již popsáno například u ptáků z Velké Británie (Sparks et al. 2007; Newson et al. 2016). Naopak ve studii Jenni & Kéry (2003) popisují u dálkových migrantů tendenci k dřívějšímu tahu ve směru na zimoviště, u kterého předpokládají motivaci vnitrodruhovou konkurencí na zimovištích. Nepatrné oddálení migrace dálkových migrantů oproti migrantům na krátkou vzdálenost uvádí Tøttrup et al. (2006). Z prodlužování hnízdní sezony ale plynou zřejmé výhody například v možnosti více pokusů o rozmnožení (Gordo et al. 2005; Newton 2007; Lehikoinen & Jaatinen 2012; Runge et al. 2014).

Dle zde prezentovaných výsledků je současným trendem přilet ptáků na naše hnízdiště za nižšího průměrného úhrnu srážek, než tomu bylo v roce 1990, což je v souladu se studií Schaefer et al. (2007), která uvádí nižší množství srážek jako prediktor dřívější migrace. Zároveň je pak z výsledků zřejmé, že délka migrace nesouvisí se schopností cílových druhů odhadnout vhodné podmínky k načasování tahu s ohledem na srážky na našem území. Vliv srážek na načasování migrace je pravděpodobně velmi komplexní a druhově specifický. Množství srážek se může stát limitujícím faktorem migračního chování. Příkladem může být vliv srážek v průběhu migrace, kdy za jejich poklesu dochází k uspíšení migračního chování (Haest et al. 2019). Nebo pozdržení migrace v důsledku nadnormálně vysokého množství srážek bránícího bezpečné iniciaci tahu (Kolunen & Peiponen 1991). Oproti tomu vliv srážek na afrických zimovištích signalizuje zahájení jarního tahu ve směru do Evropy (Saino et al. 2007; Aloni et al. 2017), nebo může mít příznivý vliv na migrační zastávky, kde se s množstvím srážek úměrně zvyšuje i úrodnost a tím pádem i míra přežívání migrujících ptáků (Haest et al. 2018). Neopomenutelná je i role srážek na dostupnost potravních zdrojů. Především druhy granivorní a insektivorní jsou na přiměřeném množství srážek závislé (Puigcerver et al. 1999; Rubolini et al. 2007; Jaksic & Fariña 2010; Birtsas et al. 2013). Zároveň však extrémní množství srážek snižuje populační hustotu létajícího hmyzu, což následně zásadně ovlivňuje druhy závislé na tomto zdroji potravy. V případě naší avifauny jsou to především zástupci čeledi *Hirundinidae* (Bryant 1975).

## 6.2 Změny v délce hnízdní sezony

Průměrná délka setrvání na hnízdišti se v průběhu testovaných let poměrně zásadně změnila. Průměrný nárůst o 0,95 dne svědčí o poměrně jasném trendu. Nicméně při

podrobnějším pohledu na trend délky pobytu na území České republiky (Obr. 9) je zřejmá mezidruhová diverze.

Jak vyplývá z Obr. 9, dělení migrantů na základě migrační vzdálenosti nelze označit jako vysvětlení prodloužení pobytu na našem území. Důkazem tomu je poměrně stabilní trend prodloužení pobytu chřástala polního, jehož migrační vzdálenost byla zde použitými metodami určena jako vůbec nejdelší. Pohledem na graf vývoje délky pobytu tohoto druhu se pak především v poslední dekádě tento trend ustálil. Bohužel malé množství informací o migraci tohoto druhu, a především o přesné lokalizaci jeho zimovišť (Cepák et al. 2008; Walther et al. 2013) v současné době limituje možná další vysvětlení tohoto jevu.

Vzájemné porovnání délky setrvání zástupců čeledi *Hirundinidae* vykazuje dle zjištěných dat výrazné kolísání tohoto ukazatele pro naši populaci vlaštovky obecné, podobný jev je pro tento druh znám i z území Slovenska (Sparks & Braslavská 2001). Naopak jiříčka obecná zdá se nejvíce inklinuje k prodloužení doby strávené na našem území. Zajímavé je pak srovnání s výsledky Sparks et al. (2007), kteří označují břehuli říční za druh, který je ze zmiňovaných zástupců čeledi *Hirundinidae*, nejvíce schopen uzpůsobit časovou délku migrace dle podmínek v průběhu tahu. V případě zde uváděných výsledků se ale zdá délka pobytu na území České republiky jako poměrně stabilní. Možným vysvětlením by pak bylo uspišení jak příletu, tak i odletu tohoto druhu, které by se do délky pobytu na našem území nepromítalo. Ekologická podobnost této čeledi s rorýsem obecným nabízí i srovnání délky pobytu tohoto druhu. Délka setrvání rorýsů na našem území je obecně velmi krátká (Cepák et al. 2008; Åkesson et al. 2012) a jak ukazují zde prezentované výsledky, délka setrvání má navíc i trend se zkracovat. S ohledem na to, že rorýsi podnikají i jedny z nejdelších migračních přesunů, lze označit rorýse za ohrožené možným nesouladem v načasování migrace.

Neopomenutelná skupina dálkových migrantů během sledovaného období úspěšně prodloužila délku setrvání na našich hnízdištích. Jsou jimi křepelka obecná, krutihlav obecný, ťuhák obecný a slavík obecný. Pro křepelku obecnou lze vysvětlit tento jev známým nomadickým chováním tohoto druhu, které bylo popsáno v dalších částech pevninské Evropy (Rodríguez–Teijeiro et al. 2012). Toto chování souvisí s dostupností potravy a nomadickými přesuny křepelky v rámci Evropy. Je tak možné, že se na našem území objevují i jedinci jiných populací. Odůvodnění prodloužení doby pobytu zbylých třech zástupců dálkových migrantů se přímo nabízí z jejich potravní ekologie. Všechny tři druhy jsou převážně insektivorní, což naznačuje, že by právě faktor potravní nabídky mohl hrát významnou roli pro vysvětlení tohoto výsledku. Nutno však podotknout, že znalosti o načasování migrace a jejím charakteru u evropských krutihlavů jsou spíše sporadické (Reichlin et al. 2009).

Pro zbylou skupinu dálkových migrantů, u kterých je znatelné spíše kolísání délky pobytu, se těžko hledá společný jmenovatel. Jsou jimi kukačka obecná, čáp bílý, kvakoš noční, žluva hajní, rehek zahradní, rybák obecný a hrdlička divoká. Možné vysvětlení je tak i individuální variabilita při načasování migrace případně neověřitelný vliv meteorologických a fenologických ukazatelů dostupných během tahu. U těchto druhů je tak možná větší plasticita právě v rámci tahu než v rámci hnízdní sezony. Poněkud odlišný je případ dudka chocholátoho, pro kterého je typická nízká hnízdní fidelita a difference v rámci evropských populací (Reichlin et al. 2009; Bächler et al. 2010; van Wijk et al. 2018). Podobně je tomu i v případě pěníce černohlavé, u které dochází průběžně k nárůstu doby setrvání na hnízdišti, ale příčiny tohoto procesu nejsou z důvodu změn v evropských populacích ověřitelné z důvodu mikroevočních

procesů a jejich vlivu na směr migrace (Helbig 1991; Berthold et al. 1992; Rolshausen et al. 2010). Pro odhalení dalších změn v migračním chování tohoto druhu je tak nutné získání přímých důkazů o skladbě naší populace a jejich migračních strategiích.

Pro vysvětlení různých trendů délky setrvání migrantů na krátkou vzdálenost je nutné zohlednit znalosti dostupné o vývoji těchto druhů v rámci Evropy. Možným důvodem kolísání délky pobytu konipasů a čejek lze přisuzovat například homogenizaci našeho prostředí související s intenzifikací zemědělské produkce v době před rokem 1989. Tato homogenizace vede právě u ptáků otevřené krajiny k nižší konkurenceschopnosti oproti druhům lesním (Reif et al. 2022). Další dva druhy, u kterých ke kolísání délky pobytu dochází, jsou drozd zpěvný a sluka lesní. Není zde jasné, co by mohlo být příčinou tohoto trendu. Jako možné vysvětlení se nabízí omezující vliv hnízdní fidelity drozdů (Milwright 2006), která v případě klimatické nepřízně může omezit reprodukční úspěšnost drozdů a tím zkrátit dobu pobytu na hnízdišti. V případě sluky se pak může jednat o vliv sezonních výkyvů, které mohou tento poměrně specializovaný druh výrazně ohrozit (Birtas et al. 2013).

Špaček obecný je z migrantů na krátkou vzdálenost jediný, který výrazně zkrátí dobu setrvání na hnízdišti. Přesné vysvětlení tohoto jevu nelze přesně určit. Určitou roli však může hrát již zmiňovaná homogenizace našich hnízdišť, která by pro tohoto ptáka kulturní krajiny mohla znamenat snížení konkurenceschopnosti (Reif et al. 2022). Dalším možným vysvětlením je i rozvinutí moult migrace, které by zapříčiňovalo dřívější iniciaci podzimního tahu (Vīgants et al. 2023).

Zbylá skupina ptáků migrujících na krátkou vzdálenost vykazuje dle očekávání prodlužování délky pobytu na hnízdišti. Přímý vliv klimatických změn lze předpokládat u druhů vázaných na nezamrzající vodní tělesa. V tomto případě se jedná konkrétně o bekasinu otavní (Cepák et al. 2008), lžičáka pestrého (Sokos et al. 2016) a chřástala vodního (Polak et al. 2019; Hart 2020). Co nejdříve setrvání na hnízdištích je pak například pro bekasiny stěžejní z důvodu vyššího vnitrodruhového tlaku v rámci zimovišť (Minias et al. 2010).

Stejně tak přímým vlivem klimatické změny může být prodlužování doby pobytu na našem území i v případě skřivana polního. Pro tento druh je typická velká plasticita migračního chování v rámci celého ročního cyklu (Bejček et al. 1995; Cepák et al. 2008; Sokos et al. 2016). U tohoto druhu lze za předpokladu trvalého oteplování České republiky počítat s postupnou sedentarizací, která je znatelná u jiných evropských populací tohoto druhu (Bejček et al. 1995; Cepák et al. 2008).

Možné změny populační distribuce v rámci Evropy dalších dvou druhů mohou vysvětlovat prodlužování přítomnosti těchto zástupců na našem území – moudivláčka lužního (Valera et al. 1993; Amezian et al. 2011) a motáka pochopa (Lensink 1997). Evropské populace moudivláčka lužního vykazují znaky redistribuce jak v rámci hnízdního areálu (Valera et al. 1993), tak i v případě zimovišť (Amezian et al. 2011).

Jako poslední možným důvodem změny migračního chování je synantropizace holubů hřivnáčů pozorovaná v rámci evropských populací související s postupnou sedentarizací těchto populací (Cepák et al. 2008). Ač nemáme přímé důkazy o sedentarizaci našich hřivnáčů, jejich postupné propojování s urbanizovanými oblastmi naší republiky je znatelné (Bejček et al. 1995). Zároveň nelze ani opomenout značnou variabilitu hřivnáčů při načasování migrace v rámci evropských populací (Schumm et al. 2022).

## 7 Závěr

- Cílem práce bylo vyhodnotit změny v migračních charakteristikách naší avifauny reprezentované 31 cílovými druhy. Zaměření na klimatické podmínky umožnilo srovnání historického vývoje reprezentovaných druhů přizpůsobit se klimatickým změnám.
- Jako zdrojová data byly použity záznamy o pozorování cílových druhů pocházejících z volně dostupných projektů občanské vědy. Tato práce přinesla možný nový náhled na bohatá nálezová data exkluzivní pro území České republiky. Využití nálezových dat občanské vědy se již v minulosti ukázalo jako relevantní pro srovnání fenologických změn v ptačích populacích. Je však nutné mít na paměti možná rizika spojená s daty pocházejícími z databází občanské vědy, především tedy počítat s možnou chybovostí dat. V případě ptáků je typická i nižší detekovatelnost zimujících jedinců.
- Předpoklad o dřívějším přiletu tažných druhů v důsledku klimatických změn reprezentovanými srážkami a teplotou v době přiletu nebyl potvrzen. Naopak ale docházelo ve sledovaném období k oddálení data odletu z hnízdiště. Tento jev spojený především s nárůstem teplot v druhé polovině ročního cyklu pak významnou měrou přispěl k prodlužování doby strávené na hnízdištích České republiky. Příčinou mohla být nesprávná interpretace podmínek během samotného tahu, která u části druhů mohla vést k nesprávnému načasování fenologických procesů.
- Mezdruhová a ekologická variabilita může být do budoucna lepším hlediskem dělení tažných druhů než využití délky migrace jako hlavního dělicího kritéria.
- Další možnosti budoucího srovnání vlivu klimatických změn představují především vzájemné srovnávání globálních ukazatelů, lokálních klimatických podmínek v době přiletu konkrétních druhů a klimatických podmínek předcházejících přiletu na hnízdiště. Taková srovnání by umožnila další prohloubení znalostí o schopnosti tažných druhů modifikovat vlastní migraci.

## Literatura

- Åkesson S et al. 2020. Evolution of chain migration in an aerial insectivorous bird, the common swift *Apus apus*. *Evolution* **74**:2377-2391.
- Åkesson S, Klaassen R, Holmgren J, Fox JW, Hedenström A, Willis SG. 2012. Migration Routes and Strategies in a Highly Aerial Migrant, the Common Swift *Apus apus*, Revealed by Light-Level Geolocators. *PLoS ONE* 7 (e41195) DOI: 10.1371/journal.pone.0041195.
- Alerstam T, Hedenström A, Åkesson S. 2003. Long-distance migration: evolution and determinants. *Oikos* **103**:247-260.
- Aloni I, Markman S, Ziv Y. 2017. February precipitation in the wintering grounds of the lesser whitethroat, *Sylvia curruca*: is it a cue for migration onset?. *Royal Society Open Science* 4 (160755) DOI: 10.1098/rsos.160755.
- Ambrosini R, Orioli V, Massimino D, Bani L. 2011. Identification of Putative Wintering Areas and Ecological Determinants of Population Dynamics of Common House-Martin (*Delichon urbicum*) and Common Swift (*Apus apus*) Breeding in Northern Italy. *Avian Conservation and Ecology* **6**:3 DOI: 10.5751/ACE-00439-060103.
- Amezian M, Thompson I, Bensusan K, Cortes J, Louah A, Qninba A. 2011. On regular wintering of Eurasian Penduline Tits *Remiz pendulinus* in northern Morocco. *Ostrich* **82**:39-42.
- AOPK ČR. 2022. Nálezová databáze ochrany přírody. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. Available from <https://portal.nature.cz/nd/> (accessed August 2022).
- Arbeiter S, Franke E, Helmecke A, Tanneberger F. 2017. Habitat preference of female Corncrakes *Crex crex*: implications for the conservation of breeding sites in a secretive species. *Bird Study* **64**:255-263.
- Athamnia M, Belabed B-E, Samraoui KR, Bouchecker A, Touati L, Samraoui F, El-Serehy HA, Samraoui B. 2022. Variability in Arrival Time of White Storks (*Ciconia ciconia* L.): Impact of Age, Interindividual Variation, and Global Change. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10 (e841744) DOI: 10.3389/fevo.2022.841744.
- Bächler E, Hahn S, Schaub M, Arlettaz R, Jenni L, Fox JW, Afanasyev V, Liechti F, Evans DM. 2010. Year-Round Tracking of Small Trans-Saharan Migrants Using Light-Level Geolocators. *PLoS ONE* 5 (e9566) DOI: 10.1371/journal.pone.0009566.
- Bán M, Moskát C, Fülöp A, Hauber ME. 2018. Return migration of Common Cuckoos (*Cuculus canorus*) between breeding grounds in Hungary and wintering grounds in Africa as documented by non-PTT GPS technology. *Journal of Ornithology* **159**:337-344.
- Becker PH, Schmaljohann H, Riechert J, Wagenknecht G, Zajková Z, González-Solís J. 2016. Common Terns on the East Atlantic Flyway: temporal–spatial distribution during the non-breeding period. *Journal of Ornithology* **157**:927-940.
- Bejček V, Šťastný K, Hudec K. 1995. Atlas zimního rozšíření ptáků v České republice 1982–1985. H&H, Jinočany.

- Berthold P. 2010. A comprehensive theory for the evolution, control and adaptability of avian migration. *Ostrich* **70**:1-11.
- Berthold P, Helbig AJ, Mohr G, Querner U. 1992. Rapid microevolution of migratory behaviour in a wild bird species. *Nature* **360**:668-670.
- Berthold P, Kaatz M, Querner U. 2004. Long-term satellite tracking of white stork (*Ciconia ciconia*) migration: constancy versus variability. *Journal of Ornithology* **145**:356-359.
- Biaduń W, Kitowski I, Filipiuk E. 2011. Study on the first arrival date of spring avian migrants to Eastern Poland. *Polish Journal of Environmental Studies* **20**:843–849.
- Biaduń W, Kitowski I, Filipiuk E. 2009. Trends in the Arrival Dates of Spring Migrants in Lublin (E Poland). *Acta Ornithologica* **44**:89-94.
- Birtsas P, Sokos C, Papaspyropoulos KG, Batselas T, Valiakos G, Billinis C. 2013. Abiotic factors and autumn migration phenology of Woodcock (*Scolopax rusticola* Linnaeus, 1758, Charadriiformes: Scolopacidae) in a Mediterranean area. *Italian Journal of Zoology* **80**:392-401.
- Bonnet-Lebrun A-S, Manica A, Rodrigues ASL. 2020. Effects of urbanization on bird migration. *Biological Conservation* 244 (108423) DOI: 10.1016/j.biocon.2020.108423.
- Both C, Bouwhuis S, Lessells CM, Visser ME. 2006. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* **441**:81-83.
- Both C, Van Turnhout CAM, Bijlsma RG, Siepel H, Van Strien AJ, Foppen RPB. 2010. Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **277**:1259-1266.
- Brown CR, Brown MB. 2000. Weather-Mediated Natural Selection on Arrival Time in Cliff Swallows (*Petrochelidon pyrrhonota*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* **47**:339–345.
- Bryant DM. 1975. BREEDING BIOLOGY OF HOUSE MARTINS *DELICHON URBICA* IN RELATION TO AERIAL INSECT ABUNDANCE. *Ibis* **117**:180-216.
- Cepák J, Klvaňa P, Formánek J, Horák D, Jelínek M, Schröpfer L, Škopek J, Zárybnický J. 2008. Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky: Czech and Slovak bird migration atlas. Aventinum, Praha.
- CMS. 1979. Convention on the conservation of migratory species of wild animals. Bonn.
- Cook J et al. 2016. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters* 11 (048002) DOI: 10.1088/1748-9326/11/4/048002.
- Cooper CB, Shirk J, Zuckerberg B, Guralnick R. 2014. The Invisible Prevalence of Citizen Science in Global Research: Migratory Birds and Climate Change. *PLoS ONE* 9 (e106508) DOI: 10.1371/journal.pone.0106508.



- Cornelius JM, Boswell T, Jenni-Eiermann S, Breuner CW, Ramenofsky M. 2013. Contributions of endocrinology to the migration life history of birds. *General and Comparative Endocrinology* **190**:47-60.
- ČHMÚ. 2020. Výroční zpráva Českého hydrometeorologického ústavu. Český hydrometeorologický ústav. Praha.
- ČHMÚ. 2022. Historická data - meteorologie a klimatologie. Český hydrometeorologický ústav, Praha. Available from <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace> (accessed August 2022).
- Dawson G, Lintott C, Shuttleworth S. 2015. Constructing Scientific Communities: Citizen Science in the Nineteenth and Twenty-First Centuries. *Journal of Victorian Culture* **20**:246-254.
- Dias MP, Granadeiro JP, Catry P, Hyrenbach D. 2012. Do Seabirds Differ from Other Migrants in Their Travel Arrangements? On Route Strategies of Cory's Shearwater during Its Trans-Equatorial Journey. *PLoS ONE* **7** (e49376) DOI: 10.1371/journal.pone.0049376.
- Dimaki M, Alivizatos H. 2014. Ringing studies of the turtle dove *Streptopelia turtur* (Aves: Columbidae) during passage through Antikythera Island, southwestern Greece. *Journal of Natural History* **49**:419-427.
- Dingle H, Drake VA. 2007. What Is Migration?. *BioScience* **57**:113–121.
- Dinsbergs I, Keišs O, Briedis M. 2023. Spring phenology is advancing at a faster rate than arrival times of Common Starling. *Journal of Ornithology* **164**:367-375.
- Dolenec Z. 2022. Dates of arrival of the Eurasian golden oriole (*Oriolus oriolus* L.) in deciduous forest in relation to increase of local air temperature in NW Croatia. *Šumarski list* **146**:149-152.
- Dolenec Z. 2017. Advances in arrival date of the common cuckoo (*Cuculus canorus* L.) in the forests of northwestern Croatia. *Šumarski list* **11-12**:571-576.
- Dolenec Z, Dolenec P. 2011. Spring migration characteristics of the House Martin, *Delichon urbica* (Aves: Hirundinidae) in Croatia. *Zoologia (Curitiba)* **28**:139-141.
- Dolenec Z, Dolenec P. 2010. Changes in spring migration of the wood pigeon (*Columba palumbus*) in northwestern Croatia. *Turkish Journal of Zoology* **34**:267-269.
- Domenici P, Seebacher F, Cooke S. 2020. The impacts of climate change on the biomechanics of animals. *Conservation Physiology* **8** (coz102) DOI: 10.1093/conphys/coz102.
- Donaghy AM, Green R, O'Halloran J. 2011. Timing of autumn migration of young Corncrakes *Crex crex*. *Ibis* **153**:425-428.
- Dosemagen S, Parker A. 2019. Citizen Science Across a Spectrum: Building Partnerships to Broaden the Impact of Citizen Science. *Science & Technology Studies* **32**:24-33.
- eBird. 2023. The eBird Review Process. Cornell Lab of Ornithology, New York. Available from <http://www.ebird.org>. (accessed March 2023).
- ECSCA (European Citizen Science Association). 2015. Ten Principles of Citizen Science. Berlin.

- Eichhorn G, Bil W, Fox JW. 2017. Individuality in northern lapwing migration and its link to timing of breeding. *Journal of Avian Biology* **48**:1132-1138.
- Ellwood ER, Primack RB, Talmadge ML. 2010. Effects of Climate Change on Spring Arrival Times of Birds in Thoreau's Concord From 1851 TO 2007. *The Condor* **112**:754-762.
- Emmenegger T, Hahn S, Bauer S. 2014. Individual migration timing of common nightingales is tuned with vegetation and prey phenology at breeding sites. *BMC Ecology* **14** (9) DOI: 10.1186/1472-6785-14-9.
- Emmenegger T, Hahn S, Arlettaz R, Amrhein V, Zehtindjiev P, Bauer S. 2016. Shifts in vegetation phenology along flyways entail varying risks of mistiming in a migratory songbird. *Ecosphere* **7** DOI: 10.1002/ecs2.1385.
- Fakta o klimatu. 2022. Průměrná roční teplota v ČR. Otevřená data o klimatu, z. ú., Brno. Available from <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/teplota-cr> (Accessed March 2023).
- Frigerio D, Richter A, Per E, Pruse B, Vohland K. 2021. Citizen Science in the Natural Sciences. Pages 79-96 in Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, Samson R, Wagenknecht K, editors. *The Science of Citizen Science*. Springer International Publishing, Cham.
- GBIF.org. 2023. GBIF Occurrence Download. Available from [https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence\\_status=present&q=](https://www.gbif.org/occurrence/search?occurrence_status=present&q=) (Accessed February 2023).
- Gersten A, Hahn S. 2016. Timing of migration in Common Redstarts (*Phoenicurus phoenicurus*) in relation to the vegetation phenology at residence sites. *Journal of Ornithology* **157**:1029-1036.
- Gienapp P, Leimu R, Merilä J. 2007. Responses to climate change in avian migration time - microevolution versus phenotypic plasticity. *Climate Research* **35**:25-35.
- Gordo O, Brotons L, Ferrer X, Comas P. 2005. Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds?. *Global Change Biology* **11**:12-21.
- Gwinner E. 1996. Circadian and Circannual Programmes in Avian Migration. *Journal of Experimental Biology* **199**:39-48.
- Haest B, Hüppop O, Bairlein F. 2018. The influence of weather on avian spring migration phenology: What, where and when?. *Global Change Biology* **24**:5769-5788.
- Haest B, Hüppop O, Pol M, Bairlein F. 2019. Autumn bird migration phenology: A potpourri of wind, precipitation and temperature effects. *Global Change Biology* **25**:4064-4080.
- Hahn S et al. 2016. Longer wings for faster springs – wing length relates to spring phenology in a long-distance migrant across its range. *Ecology and Evolution* **6**:68-77.
- Haklay et al. 2020. ECSA's Characteristics of Citizen Science. Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.3758668.

- Haklay M, Dörler D, Heigl F, Manzoni M, Hecker S, Vohland K. 2021. What Is Citizen Science? The Challenges of Definition. Pages 13-33 in Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, Samson R, Wagenknecht K, editors. *The Science of Citizen Science*. Springer International Publishing, Cham.
- Hart JD. 2020. Acoustic surveys of Water Rail *Rallus aquaticus* over-wintering on Alderney. *Bird Study* **67**:245-250.
- Havlíček J. 2019. Nálezová databáze ochrany přírody a možnosti jejího užití pro laickou i odbornou ornitologickou veřejnost. AVIFAUNA. Available from <https://avifauna.cz/nalezova-databaze-ochrany-prirody-a-moznosti-jejeho-uziti-pro-laickou-i-odbornou-ornitologickou-verejnost/> (accessed March 2023).
- Hecker S, Garbe L, Bonn A. 2018. The European citizen science landscape – a snapshot. Pages 190-200 in Hecker S, Haklay M, Bowser A, Makuch Z, Vogel J, Bonn A, editors. *Citizen Science*. UCL Press, London.
- Helbig AJ. 1991. SE- and SW-migrating Blackcap (*Sylvia atricapilla*) populations in Central Europe: Orientation of birds in the contact zone. *Journal of Evolutionary Biology* **4**:657-670.
- Hiemer D, Salewski V, Fiedler W, Hahn S, Lisovski S. 2018. First tracks of individual Blackcaps suggest a complex migration pattern. *Journal of Ornithology* **159**:205-210.
- Howard C, Stephens PA, Tobias JA, Sheard C, Butchart SHM, Willis SG. 2018. Flight range, fuel load and the impact of climate change on the journeys of migrant birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **285** (20172329) DOI: 10.1098/rspb.2017.2329.
- Hubálek Z. 2004. Global weather variability affects avian phenology: A long-term analysis. *Folia Zoologica* **53**:227-236.
- Hüppop O, Hüppop K. 2003. North Atlantic Oscillation and Timing of Spring Migration in Birds. *Proceedings: Biological Sciences* **270**:233–240.
- Hušek J, Adamík P. 2008. Long-term trends in the timing of breeding and brood size in the Red-Backed Shrike *Lanius collurio* in the Czech Republic, 1964–2004. *Journal of Ornithology* **149**:97-103.
- Chandler M, See L, Buesching CD, Cousins JA, Gillies C, Kays RW, Newman C, Pereira HM, Tiago P. 2017. Involving Citizen Scientists in Biodiversity Observation. Pages 211-237 in Walters M, Scholes RJ, editors. *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. Springer International Publishing, Cham.
- Chytil J, Macháček P. 2000. Vývoj hnízdních populací rackovitých (Laridae) a rybákovitých (Sternidae) na nejjihnější Moravě. *Sylvia* **36**:113 -126.
- IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate

- change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. 2017-3. Available from <https://www.iucnredlist.org> (accessed August 2022).
- Jaksic FM, Fariña JM. 2010. El Niño and the birds: a resource-based interpretation of climatic forcing in the southeastern pacific. *Anales del Instituto de la Patagonia* **38**:121–140.
- Jenni L, Kéry M. 2003. Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long–distance migrants, delays in short–distance migrants. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* **270**:1467-1471.
- Jonzén N, et al. 2006. Rapid Advance of Spring Arrival Dates in Long-Distance Migratory Birds. *Science* **312**:1959-1961.
- Klápště J. 2004. Poznámky k začátkům moderního kroužkování ptáků. *PANURUS* **14**:147-166.
- Klvaňa P, Cepák J, Munclinger P, Micháľková R, Tomášek O, Albrecht T. 2018. Around the Mediterranean: an extreme example of loop migration in a long-distance migratory passerine. *Journal of Avian Biology* 49 (jav-01595) DOI: 10.1111/jav.01595.
- Kokko H. 1999. Competition for early arrival in migratory birds. *Journal of Animal Ecology* **68**:940-950.
- Kolářová E, Matiu M, Menzel A, Nekovář J, Lumpe P, Adamík P. 2017. Changes in spring arrival dates and temperature sensitivity of migratory birds over two centuries. *International Journal of Biometeorology* **61**:1279-1289.
- Koleček J, Adamík P, Reif J. 2020. Shifts in migration phenology under climate change: temperature vs. abundance effects in birds. *Climatic Change* **159**:177-194.
- Kolunen H, Peiponen VA. 1991. Delayed autumn migration of the Swift *Apus apus* from Finland in 1986. *Ornis Fennica* **68**:81-92.
- Kölzsch A, Müskens GJDM, Kruckenberg H, Glazov P, Weinzierl R, Nolet BA, Wikelski M. 2016. Towards a new understanding of migration timing: slower spring than autumn migration in geese reflects different decision rules for stopover use and departure. *Oikos* **125**:1496-1507.
- Kralj J, Dolenc Z. 2008. First arrival dates of the Nightingale (*Luscinia megarhynchos*) to Central Croatia in the early 20th century and at the turn of the 21st century. *Open Life Sciences* **3**:295-298.
- Kristensen MW, Tøttrup AP, Thorup K. 2013. Migration of the Common Redstart (*Phoenicurus phoenicurus*). *The Auk* **130**:258-264.
- Kürten N, Schmaljohann H, Bichet C, Haest B, Vedder O, González-Solís J, Bouwhuis S. 2022. High individual repeatability of the migratory behaviour of a long-distance migratory seabird. *Movement Ecology* 10 (5) DOI: 10.1186/s40462-022-00303-y.
- Lack D. 1968. Bird Migration and Natural Selection. *Oikos* **19**.

- Ledwoń M, Betleja J. 2015. Post-breeding migration of Night Herons *Nycticorax nycticorax* tracked by GPS/GSM transmitters. *Journal of Ornithology* **156**:313-316.
- Lehikoinen A, Jaatinen K. 2012. Delayed autumn migration in northern European waterfowl. *Journal of Ornithology* **153**:563-570.
- Lehikoinen A, et al. 2019. Phenology of the avian spring migratory passage in Europe and North America: Asymmetric advancement in time and increase in duration. *Ecological Indicators* **101**:985-991.
- Lehikoinen E, Lindström J. 1988. Chernobyl radiation not the cause of fatally delayed autumn migration of the Swift *Apus apus* in 1986. *ORNIS FENNICA* **65**:37-38.
- Lensink R. 1997. Range Expansion of Raptors in Britain and the Netherlands Since the 1960s: Testing an Individual-Based Diffusion Model. *The Journal of Animal Ecology* **66** (811) DOI: 10.2307/5997.
- Lintott C, Reed J. 2013. Human Computation in Citizen Science. Pages 153-162 in Michelucci P, editor. *Handbook of Human Computation*. Springer New York, New York.
- Liu H-Y, Dörler D, Heigl F, Grossberndt S. 2021. Citizen Science Platforms. Pages 439-459 in Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, Samson R, Wagenknecht K, editors. *The Science of Citizen Science*. Springer International Publishing, Cham.
- Lučan RK, Cepák J, Zicha F. 2016. Výsledky kroužkování sluky lesní (*Scolopax rusticola*) v České republice / Results of bird ringing of Eurasian Woodcock (*Scolopax rusticola*) in the Czech Republic. *ZPRÁVY MOS* **74**:74-83.
- Marx M, Korner-Nievergelt F, Quillfeldt P. 2016. Analysis of Ring Recoveries of European Turtle Doves *Streptopelia turtur* — Flyways, Migration Timing and Origin Areas of Hunted Birds. *Acta Ornithologica* **51**:55-70.
- Matyjasiak P. 2013. Timing of arrival from spring migration is associated with flight performance in the migratory barn swallow. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **67**:91-100.
- McGrath J. 2020. How a puzzle game could help scientists find a coronavirus cure. *Digital Trends*. Available from <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/coronavirus-cure-foldit-protein-folding-game/> (accessed March 2023).
- Meltofte H, Amstrup O, Petersen TL, Rigét F, Tøttrup AP. 2018. Trends in breeding phenology across ten decades show varying adjustments to environmental changes in four wader species. *Bird Study* **65**:44-51.
- Mikeš V, Muška M, Vondrka A, Riegert J, Hladík M. 2021 Hnízdění rybáků obecných (*Sterna hirundo*) na vodní nádrži Lipno. *Sborník Jihočeského muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* **61**:80-86.
- Milano S, Frahnert S, Hallau A, Töpfer T, Woog F, Voigt CC. 2021. Isotope record tracks changes in historical wintering ranges of a passerine in sub-Saharan Africa. *Global Change Biology* **27**:5460-5468.

- Miles WTS et al. 2017. Quantifying full phenological event distributions reveals simultaneous advances, temporal stability and delays in spring and autumn migration timing in long-distance migratory birds. *Global Change Biology* **23**:1400-1414.
- Milwright RDP. 2006. Post-breeding dispersal, breeding site fidelity and migration/wintering areas of migratory populations of Song Thrush *Turdus philomelos* in the Western Palearctic. *Ringling & Migration* **23**:21-32.
- Minias P, Włodarczyk R, Meissner W, Remisiewicz M, Kaczmarek K, Czapulak A, Chylarecki P, Wojciechowski A, Janiszewski T. 2010. The Migration System of Common Snipe *Gallinago gallinago* on Autumn Passage Through Central Europe. *Ardea* **98**:13-19.
- Møller AP et al. 2011. Rapid change in host use of the common cuckoo *Cuculus canorus* linked to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **278**:733-738.
- Møller AP, Rubolini D, Lehikoinen E. 2008. Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **105**:16195-16200.
- Moussus JP, Julliard R, Jiguet F. 2010. Featuring 10 phenological estimators using simulated data. *Methods in Ecology and Evolution* **1**:140-150.
- Musters CJM, ter Keurs WJ, Snoo GR de. 2010. Timing of the Breeding Season of Black-Tailed Godwit *Limosa limosa* and Northern Lapwing *Vanellus vanellus* in The Netherlands. *Ardea* **98**:195-202.
- Nadal J, Sáez D, Margalida A. 2022. Crossing artificial obstacles during migration: The relative global ecological risks and interdependencies illustrated by the migration of common quail *Coturnix coturnix*. *Science of The Total Environment* 808 (152173) DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152173.
- Newman G, Wiggins A, Crall A, Graham E, Newman S, Crowston K. 2012. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment* **10**:298-304.
- Newson SE, Moran NJ, Musgrove AJ, Pearce-Higgins JW, Gillings S, Atkinson PW, Miller R, Grantham MJ, Baillie SR, Battley P. 2016. Long-term changes in the migration phenology of UK breeding birds detected by large-scale citizen science recording schemes. *Ibis* **158**:481-495.
- Newton I. 2007. Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* **149**:453-467.
- Nilsson C, Klaassen RHG, Alerstam T. 2013. Differences in Speed and Duration of Bird Migration between Spring and Autumn. *The American Naturalist* **181**:837-845.
- Olivier JGJ. 2022. Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2021 Summary report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Hague.
- Panuccio M, Mellone U, Muner L. 2013. Differential wintering area selection in Eurasian Marsh Harrier (*Circus aeruginosus*): a ringing recoveries analysis. *Bird Study* **60**:52-59.

- Pedersen L, Jackson K, Thorup K, Tøttrup AP. 2018. Full-year tracking suggests endogenous control of migration timing in a long-distance migratory songbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 72 (139) DOI: 10.1007/s00265-018-2553-z.
- Pedersen L et al. 2020. Remarkably similar migration patterns between different red-backed shrike populations suggest that migration rather than breeding area phenology determines the annual cycle. *Journal of Avian Biology* 51 (jav.02475) DOI: 10.1111/jav.02475.
- Perdeck AC. 1958. Two Types of Orientation in Migrating Starlings, *Sturnus vulgaris* L., and Chaffinches, *Fringilla coelebs* L., as Revealed by Displacement Experiments. *Ardea* 46:1-37.
- Piersma T, Pérez-Tris J, Mouritsen H, Bauchinger U, Bairlein F. 2005. Is There a “Migratory Syndrome” Common to All Migrant Birds?. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1046:282-293.
- Piro S, Schmitz Ornés A. 2022. Revealing different migration strategies in a Baltic Common Tern (*Sterna hirundo*) population with light-level geolocators. *Journal of Ornithology* 163:803-815.
- Plummer KE, Siriwardena GM, Conway GJ, Risely K, Toms MP. 2015. Is supplementary feeding in gardens a driver of evolutionary change in a migratory bird species?. *Global Change Biology* 21:4353-4363.
- Polak M, Brambilla M, Jedlikowski J. 2019. Habitat selection and response to playback in wintering Water Rails *Rallus aquaticus*. *Bird Study* 66:510-518.
- Porkert J et al. 2014. Variation and long-term trends in the timing of breeding of different Eurasian populations of Common Redstart *Phoenicurus phoenicurus*. *Journal of Ornithology* 155:1045-1057.
- Ptaszyk J, Kosicki J, Sparks TH, Tryjanowski P. 2003. Changes in the timing and pattern of arrival of the White Stork (*Ciconia ciconia*) in western Poland. *Journal of Ornithology* 144:323-329.
- Puigcerver M, Rodriguez-Teijeiro JD, Gallego S. 1999. The effects of rainfall on wild populations of Common Quail (*Coturnix coturnix*). *Journal für Ornithologie* 140:335-340.
- Ramenofsky M. 2011. Hormones in Migration and Reproductive Cycles of Birds. Pages 205-237 in Norris DO, Lopez KH, editors. *Hormones and Reproduction of Vertebrates*. Elsevier.
- Redlisiak M, Remisiewicz M, Nowakowski JK. 2018. Long-term changes in migration timing of Song Thrush *Turdus philomelos* at the southern Baltic coast in response to temperatures on route and at breeding grounds. *International Journal of Biometeorology* 62:1595-1605.
- Reichlin TS, Schaub M, Menz MHM, Mermod M, Portner P, Arlettaz R, Jenni L. 2009. Migration patterns of Hoopoe *Upupa epops* and Wryneck *Jynx torquilla*: an analysis of European ring recoveries. *Journal of Ornithology* 150 (393) DOI: 10.1007/s10336-008-0361-3.

- Reif J, Vermouzek Z, Voříšek P, Romportl D, Morelli F. 2022. Birds' ecological characteristics differ among habitats: an analysis based on national citizen science data. *Community Ecology* **23**:173-186.
- Reif J, Voříšek P, Šťastný K, Bejček V. 2006. Trendy početnosti ptáků v České republice v letech 1982–2005. *Sylvia* **42**: 22–37.
- Reif J, Voříšek P, Šťastný K, Koschová M, Bejček V. 2008. The impact of climate change on long-term population trends of birds in a central European country. *Animal Conservation* **11**:412-421.
- Remacha C, Rodríguez C, de la Puente J, Pérez-Tris J. 2020. Climate change and maladaptive wing shortening in a long-distance migratory bird. *The Auk* 137 (ukaa012) DOI: 10.1093/auk/ukaa012
- Remisiewicz M, Underhill LG. 2022. Large-Scale Climatic Patterns Have Stronger Carry-Over Effects than Local Temperatures on Spring Phenology of Long-Distance Passerine Migrants between Europe and Africa. *Animals* 12 (1732) DOI: 10.3390/ani12131732
- Rodríguez–Teijeiro JD, Sardà–Palomera F, Puigcerver M. 2012. Post–breeding movements and migration patterns of western populations of common quail (*Coturnix coturnix*): from knowledge to hunting management. *Animal Biodiversity and Conservation* **35**:333-342.
- Rolshausen G, Hobson KA, Schaefer HM. 2010. Spring arrival along a migratory divide of sympatric blackcaps (*Sylvia atricapilla*). *Oecologia* **162**:175-183.
- Rotics S, et al. 2016. The challenges of the first migration: movement and behaviour of juvenile vs. adult white storks with insights regarding juvenile mortality. *Journal of Animal Ecology* **85**:938-947.
- Rotics S, et al. 2017. Wintering in Europe instead of Africa enhances juvenile survival in a long-distance migrant. *Animal Behaviour* **126**:79-88.
- Rubolini D, Ambrosini R, Caffi M, Brichetti P, Armiraglio S, Saino N. 2007. Long-term trends in first arrival and first egg laying dates of some migrant and resident bird species in northern Italy. *International Journal of Biometeorology* **51**:553-563.
- Rudy LJ. 2021. What Is Citizen Science? History, Practices, and Impact. *Treehugger | Sustainability for All*. Available from: <https://www.treehugger.com/what-is-citizen-science-history-practices-and-impact-5189634> (accessed January 2023).
- Runge CA, Martin TG, Possingham HP, Willis SG, Fuller RA. 2014. Conserving mobile species. *Frontiers in Ecology and the Environment* **12**:395-402.
- Saino N, Rubolini D, Jonzén N, Ergon T, Montemaggiore A, Stenseth NC, Spina F. 2007. Temperature and rainfall anomalies in Africa predict timing of spring migration in trans-Saharan migratory birds. *Climate Research* **35**:123-134.
- Saino N, Rubolini D, Lehikoinen E, Sokolov LV, Bonisoli-Alquati A, Ambrosini R, Boncoraglio G, Møller AP. 2009. Climate change effects on migration phenology may mismatch brood parasitic cuckoos and their hosts. *Biology Letters* **5**:539-541.



- Salomonsen F. 1967. Migratory Movements of the Arctic Tern (*Sterna Paradisaea* Pontoppidan) in the Southern Ocean. 1st edition. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab Biologiske Meddelelser, Copenhagen.
- Salomonsen F. 1968. The moult migration. *Wildfowl* **19**:5–24.
- Shaw AK, Couzin ID. 2013. Migration or Residency? The Evolution of Movement Behavior and Information Usage in Seasonal Environments. *The American Naturalist* **181**:114-124.
- Schaefer H-C, Jetz W, Böhning-Gaese K. 2007. Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus adaptation. *Global Ecology and Biogeography* **17**: 38-49.
- Schmaljohann H. 2018. Proximate mechanisms affecting seasonal differences in migration speed of avian species. *Scientific Reports* 8 (4106) DOI: 10.1038/s41598-018-22421-7.
- Schmaljohann H, Both C. 2017. The limits of modifying migration speed to adjust to climate change. *Nature Climate Change* **7**:573-576.
- Schmeller DS et al. 2009. Advantages of Volunteer-Based Biodiversity Monitoring in Europe. *Conservation Biology* **23**:307-316.
- Schumm YR, Masello JF, Cohou V, Mourguiart P, Metzger B, Rösner S, Quillfeldt P. 2022. Should I stay or should I fly? Migration phenology, individual-based migration decision and seasonal changes in foraging behaviour of Common Woodpigeons. *The Science of Nature* 109 (44) DOI: 10.1007/s00114-022-01812-x.
- Schumm YR, Metzger B, Neuling E, Austad M, Galea N, Barbara N, Quillfeldt P. 2021. Year-round spatial distribution and migration phenology of a rapidly declining trans-Saharan migrant—evidence of winter movements and breeding site fidelity in European turtle doves. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 75 (152) DOI: 10.1007/s00265-021-03082-5.
- Silvertown J. 2009. A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology & Evolution* **24**:467-471.
- Silvertown J, Buesching CD, Jacobson SK, Rebelo T. 2013. Citizen science and nature conservation. Pages 127-142 in Macdonald DW, Willis KJ, editors. *Key Topics in Conservation Biology 2*. Wiley.
- Simpson R, Page KR, De Roure D. 2014. Zooniverse: observing the world's largest citizen science platform. Pages 1049–1054 in Chung C-W, editor. *Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web*. ACM, Seoul.
- Sinelschikova A, Kosarev V, Panov I, Baushev AN. 2007. The influence of wind conditions in Europe on the advance in timing of the spring migration of the song thrush (*Turdus philomelos*) in the south-east Baltic region. *International Journal of Biometeorology* **51**:431-440.
- Sokolov LV, Gordienko NS. 2008. Has recent climate warming affected the dates of bird arrival to the Il'men Reserve in the Southern Urals?. *Russian Journal of Ecology* **39**:56-62.

- Sokolov LV, Tsvey AL. 2016. Mechanisms controlling the timing of spring migration in birds. *Biology Bulletin* **43**:1148-1160.
- Sokos CK, Birtsas PK, Platis PC, Papaspyropoulos KG. 2016. Weather influence on the abundance of bird species wintering in three Mediterranean ecosystems. *Folia Zoologica* **65**:200-207.
- Southwood TRE. 1962. Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biological Reviews* **37**:171-211.
- Sparks TH. 1999. Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *International Journal of Biometeorology* **42**:134-138.
- Sparks TH, Braslavská O. 2001. The effects of temperature, altitude and latitude on the arrival and departure dates of the swallow *Hirundo rustica* in the Slovak Republic. *International Journal of Biometeorology* **45**:212-216.
- Sparks TH, Huber K, Bland RL, Crick HQP, Croxton PJ, Flood J, Loxton RG, Mason CF, Newnham JA, Tryjanowski P. 2007. How consistent are trends in arrival (and departure) dates of migrant birds in the UK?. *Journal of Ornithology* **148**:503-511.
- Sparks TH, Huber K, Tryjanowski P. 2008. Something for the weekend? Examining the bias in avian phenological recording. *International Journal of Biometeorology* **52**:505-510.
- Sparks T, Tryjanowski P. 2007. Patterns of spring arrival dates differ in two hirundines. *Climate Research* **35**:159-164.
- Strandberg R, Klaassen RHG, Hake M, Olofsson P, Thorup K, Alerstam T. 2008. Complex Timing of Marsh Harrier *Circus aeruginosus* Migration Due to Pre- and Post-Migratory Movements. *Ardea* **96**:159-171.
- Strasser BJ, Baudry J, Mahr D, Sanchez G, Tancoigne E. 2019. "Citizen Science"? Rethinking Science and Public Participation. *Science & Technology Studies* **32**:52-76.
- Svårdson G. 1957. The "Invasion" type of bird migration. *British Birds* **50**:314-343.
- Szép T, Liechti F, Nagy K, Nagy Z, Hahn S. 2017. Discovering the migration and non-breeding areas of sand martins and house martins breeding in the Pannonian basin (central-eastern Europe). *Journal of Avian Biology* **48**:114-122.
- Tedeschi A, et al. 2020. Interindividual variation and consistency of migratory behavior in the Eurasian woodcock. *Current Zoology* **66**:155-163.
- Tomotani BM, Gienapp P, de la Hera I, Terpstra M, Pulido F, Visser ME. 2021. Integrating Causal and Evolutionary Analysis of Life-History Evolution: Arrival Date in a Long-Distant Migrant. *Frontiers in Ecology and Evolution* **9** (630823) DOI: 10.3389/fevo.2021.630823/full
- Tonra CM, Reudink MW. 2018. Expanding the traditional definition of molt-migration. *The Auk* **135**:1123-1132.
- Tøttrup AP, Klaassen RHG, Strandberg R, Thorup K, Kristensen MW, Jørgensen PS, Fox J, Afanasyev V, Rahbek C, Alerstam T. 2012. The annual cycle of a trans-equatorial

- Eurasian–African passerine migrant: different spatio-temporal strategies for autumn and spring migration. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **279**:1008-1016.
- Tøttrup AP, Thorup K, Rahbek C. 2006. Patterns of change in timing of spring migration in North European songbird populations. *Journal of Avian Biology* **37**:84-92.
- Tryjanowski P, Sparks TH. 2008. The relationship between phenological traits and brood size of the white stork *Ciconia ciconia* in western Poland. *Acta Oecologica* **33**:203-206.
- Tryjanowski P, Sparks TH. 2001. Is the detection of the first arrival date of migrating birds influenced by population size? A case study of the red-backed shrike *Lanius collurio*. *International Journal of Biometeorology* **45**:217-219.
- Valera F, Rey P, Sanchez-Lafuente AM, Muñoz-Cobo J. 1993. Expansion of penduline tit (*Remiz pendulinus*) through migration and wintering. *Journal für Ornithologie* **134**:273-282.
- van Buskirk J, Mulvihill RS, Leberman RC. 2009. Variable shifts in spring and autumn migration phenology in North American songbirds associated with climate change. *Global Change Biology* **15**:760-771.
- van Wijk RE, Bauer S, Schaub M. 2016. Repeatability of individual migration routes, wintering sites, and timing in a long-distance migrant bird. *Ecology and Evolution* **6**:8679-8685.
- van Wijk RE, Schaub M, Hahn S, Juárez-García-Pelayo N, Schäfer B, Viktora L, Martín-Vivaldi M, Zischewski M, Bauer S. 2018. Diverse migration strategies in hoopoes (*Upupa epops*) lead to weak spatial but strong temporal connectivity. *The Science of Nature* **105** (42) DOI: 10.1007/s00114-018-1566-9.
- van Wijk RE, Schaub M, Tolkmitt D, Becker D, Hahn S, Perez-Tris J. 2013. Short-distance migration of Wrynecks *Jynx torquilla* from Central European populations. *Ibis* **155**:886-890.
- Vardanis Y, Klaassen RHG, Strandberg R, Alerstam T. 2011. Individuality in bird migration: routes and timing. *Biology Letters* **7**:502-505.
- Vīgants V, Keišs O, Dinsbergs I, Jaunzemis V, Zacmane EM, Priediece A, Briedis M. 2023. Migration strategies, performance and annual activity budget in a short-distance migrant, the common starling *Sturnus vulgaris*. *Journal of Avian Biology* (jav.03080) DOI: 10.1111/jav.03080.
- Visser ME. 2008. Keeping up with a warming world; assessing the rate of adaptation to climate change. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **275**:649-659.
- Visser ME, Perdeck AC, van Balen JH, Both C. 2009. Climate change leads to decreasing bird migration distances. *Global Change Biology* **15**:1859-1865.
- Vohland K, Göbel C, Balázs B, Butkevičienė E, Daskolia M, Duží B, Hecker S, Manzoni M, Schade S. 2021. Citizen Science in Europe. Pages 35-53 in Vohland K, Land-Zandstra A, Ceccaroni L, Lemmens R, Perelló J, Ponti M, Samson R, Wagenknecht K, editors. *The Science of Citizen Science*. Springer International Publishing, Cham.

- Walther BA, Taylor PB, Schäffer N, Robinson S, Jiguet F. 2013. The African wintering distribution and ecology of the Corncrake *Crex crex*. *Bird Conservation International* **23**:309-322.
- Willemoes M, Strandberg R, Klaassen RHG, Tøttrup AP, Vardanis Y, Howey PW, Thorup K, Wikelski M, Alerstam T, Moskát C. 2014. Narrow-Front Loop Migration in a Population of the Common Cuckoo *Cuculus canorus*, as Revealed by Satellite Telemetry. *PLoS ONE* **9** (e83515) DOI: 10.1371/journal.pone.0083515.
- Włodarczyk R, Minias P, Kaumarek K, Janiszewski T, Kleszcz A. 2007. Different migration strategies used by two inland wader species during autumn migration, case of Wood Sandpiper *Tringa glareola* and Common Snipe *Gallinago gallinago*. *Ornis Fennica* **84**:119-130.
- Wood KA, Brides K, Durham ME, Hearn RD. 2021. Adults have more male-biased sex ratios than first-winter juveniles in wintering duck populations. *Avian Research* **12** (51) DOI: 10.1186/s40657-021-00286-1.
- Zahradníček P, Brázdil R, Štěpánek P, Trnka M. 2021. Reflections of global warming in trends of temperature characteristics in the Czech Republic, 1961–2019. *International Journal of Climatology* **41**:1211-1229.
- Zakharov VD. 2016. The influence of climate change on the dates of bird arrival to the Ilmen State Reserve (Southern Urals). *Russian Journal of Ecology* **47**:546-551.
- Zduniak P, Yosef R. 2008. Age and sex determine the phenology and biometrics of migratory Common Quail (*Coturnix coturnix*) at Eilat, Israel. *Ornis Fennica* **85**:37-45.