

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

**Časoprostorová variabilita reprodukčního úsilí  
tuhýka obecného na základě analýzy velikosti  
snůšek a morfometrie snesených vajec**

Bakalářská práce

Autor: Kristýna Kubová  
Studijní program: B0511A030001 Biologie a ekologie  
Studijní obor: Biologie a ekologie  
Vedoucí práce: RNDr. Jan Hušek, Ph.D.



## Zadání bakalářské práce

Autor:	Kristýna Kubová
Studium:	S19BI046BP
Studijní program:	B0511A030001 Biologie a ekologie
Studijní obor:	Biologie a ekologie
Název bakalářské práce:	<b>Časoprostorová variabilita reprodukčního úsilí tůhýka obecného na základě analýzy velikosti snůšek a morfometrie snesených vajec</b>
Název bakalářské práce AJ:	Spatiotemporal variation in reproductive effort of red-backed shrike based on analysis of clutch size and morphometry of eggs

### Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Velikost snůšky a objem snesených vajec patří mezi důležité komponenty reprodukčního úsilí samic a mají zásadní vliv na kondici a pohnizdni přežívání mláďat. Studie reprodukčního úsilí bývají typicky omezené na jednu studijní populaci sledovanou po několik málo let. Historické údaje jsou vzácné a jejich nedostupnost značně omezuje možnosti komplexnějšího pochopení schopnosti ptačích populací reagovat na selekční tlaky dané změnami životního prostředí.

Cílem bakalářské práce je popis časoprostorové variability ve velikosti snůšky a morfometrických charakteristikách (délka, šířka, objem a index sfericity) vajec u tůhýka obecného s cílem identifikovat oblasti ČR a časová období vykazující případné změny v reprodukčním úsilí především během první poloviny 20. století. Údaje o velikosti více než 260 snůšek (počet snesených vajec, případně počet mláďat) budou získány přepisem původních terénních zápisníků a přímým měřením snůšek z oologické sbírky Národního muzea. Morfometrické charakteristiky vajec z přibližně 120 snůšek budou také získány přepisem historických údajů a měřením snůšek ve sbírkovém fondu. Získaná data budou zpracována standardními statistickými metodami. Bude analyzována zejména časoprostorová charakteristika velikostí snůšek a v morfometrii vajec v rámci jednotlivých snůšek a průměrných hodnot mezi snůškami. Výsledky práce umožní lepší pochopení intenzity reprodukčního úsilí tůhýka obecného v první polovině 20. století a vhodně doplní stávající stav poznání založený především na datech z posledních několika desítek let.

Potti J. 1999. Maternal effects and the pervasive impact of nestling history on egg size in a passerine bird. *Evolution* 53(1): 2779–285.

Pinowska B., Barkowska M., Pinowski J., Bartha A., Hahm K.-H. & Lebedeva N. 2004. The effect of egg size on growth and survival of the Tree Sparrow *Passer montanus* nestlings. *Acta Ornithologica* 39: 121–135.

Ruuskanen S., Siitari H., Eeva T., Belskii E., Järvinen A. et al. 2011. Geographical variation in egg mass and egg content in a passerine bird. *PLoS ONE* 6(11): e25360.

Ojanen M., Orell M. & Väisänen R. 1981. Egg size variation within passerine clutches: effects of ambient temperature and laying sequence. *Ornis Fennica* 58: 93–108.

Orłowski G., Hałupka L., Pokorny P., Klimczuk E., Sztwiertnia H. & Dobicki W. 2016. Variation in egg size, shell thickness, and metal and calcium content in eggshells and egg contents in relation to laying order and embryonic development in a small passerine bird. *Auk* 133: 470–483.

Török J., Moskát C., Michl G., Péczely P. 2004. Common cuckoo (*Cuculus canorus*) lay eggs with larger yolk but more testosterone than their great reed warbler (*Acrocephalus arundinaceus*) hosts. *Ethology Ecology & Evolution* 16: 271–277.

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,  
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Jan Hušek, Ph.D.

Oponent: Mgr. Eliška Aubrechtová

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2023

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala (pod vedením vedoucího bakalářské práce) samostatně a uvedla jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

Kristýna Kubová

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu RNDr. Janu Huškovi Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi poskytl. Dále mu děkuji za umožnění práce v depozitáři Národního muzea, zapůjčení terénních zápisníků a pomoc při měření a analýze dat.



## **Anotace**

KUBOVÁ, K. *Časoprostorová variabilita reprodukčního úsilí ťuhýka obecného na základě analýzy velikosti snůšek a morfometrie snesených vajec*. Hradec Králové, 2024. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Jan Hušek. 56 s.

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou časoprostorové variability reprodukčního úsilí ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) v České republice, zaměřující se na dvě oddělená časová období: první polovinu 20. století a období od konce 20. do začátku 21. století. Práce využívá historická data k prozkoumání velikosti snůšky a morfometrických charakteristik vajec. Analýza odhalila převážnou stabilitu ve většině zkoumaných charakteristik mezi oběma časovými obdobími. Jediným statisticky významným vztahem byl vliv dne nálezů snůšky na šířku vajec, která se zmenšovala v průběhu hnízdní sezóny. Velikost snůšky zůstala stabilní napříč sledovanými faktory. Výsledky poukazují na značnou stabilitu reprodukčního úsilí ťuhýka obecného v průběhu zkoumaných období, což přináší důležité poznatky o jeho ekologické plasticitě a má významné implikace pro jeho ochranu v kontextu měnícího se prostředí.

## **Klíčová slova**

ťuhýk obecný (*Lanius collurio*), reprodukční úsilí, velikost snůšky, morfometrie vajec, časoprostorová variabilita, historické údaje

## **Annotation**

KUBOVÁ, K. *Spatiotemporal variation in reproductive effort of red-backed shrike based on analysis of clutch size and morphometry of eggs*. Hradec Králové, 2024. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Jan Hušek. 56 p.

This bachelor thesis examines the spatiotemporal variability in the reproductive effort of the red-backed shrike (*Lanius collurio*) in the Czech Republic, focusing on two distinct time periods: the first half of the 20th century and the period from the late 20th to early 21st century. The thesis utilizes historical data to investigate clutch size and egg morphometric characteristics. Analysis revealed overall stability in most examined characteristics between the two time periods. The only statistically significant relationship was the influence of the clutch discovery date on egg width, which decreased throughout the breeding season. Clutch size remained stable across all considered factors. The results highlight a substantial stability in the reproductive effort of the red-backed shrike across the studied periods, providing important insights into its ecological plasticity and carrying significant implications for its conservation in the context of a changing environment.

## **Key words**

red-backed shrike (*Lanius collurio*), reproductive effort, clutch size, egg morphometry, spatiotemporal variability, historical data

## Obsah

Úvod.....	8
1 Teoretická východiska.....	10
1.1 Definice reprodukčního úsilí.....	10
1.2 Reprodukční úsilí ptáků (Aves).....	11
1.2.1 r/K strategie.....	13
1.2.2 Income breeding a capital breeding.....	13
1.2.3 Altricialita a prekocialita.....	14
1.2.4 Mateřský efekt.....	15
1.2.5 Vliv časoprostorové variability na reprodukční úsilí ptáků.....	16
1.3 Reprodukční úsilí pěvců (Passeriformes).....	20
2 Metodika.....	23
2.1 Studovaný druh.....	23
2.2 Sběr dat.....	23
2.3 Vlastní měření.....	28
2.4 Statistická analýza.....	29
3 Výsledky.....	31
3.1 Popisná statistika.....	31
3.2 Variabilita a faktory morfometrie vajec.....	33
3.3 Analýza variability v hmotnosti vajec.....	38
3.4 Variabilita a faktory velikosti snůšek.....	39
4 Diskuse.....	41
Závěr.....	45
Seznam obrázků.....	46
Seznam tabulek.....	46
Zdroje.....	47

## Úvod

Ťuhýk obecný (*Lanius collurio*) je významný druh pěvce v ekosystémech České republiky a Evropy. Tento tažný pták je charakteristický svým výskytem v mozaikovitě krajině s křovinami a travnatými plochami (Šťastný, 2011). Výzkum reprodukčního úsilí ťuhýka obecného je klíčový pro pochopení jeho adaptability na různé typy prostředí a pro efektivní ochranu jeho populací. Dlouhodobé sledování reprodukčních charakteristik může poskytnout cenné informace o ekologických strategiích tohoto druhu v kontextu měnící se krajiny.

Reprodukční úsilí ptáků se často posuzuje podle velikosti snůšky a charakteristik vajec, které významně ovlivňují kondici a šance na přežití potomstva. Dosavadní výzkumy se většinou zaměřují na krátkodobé sledování konkrétních populací, což neumožňuje plně pochopit dlouhodobé změny v reprodukčních strategiích. Proto jsou historické záznamy mimořádně cenné, neboť poskytují unikátní pohled na vývoj reprodukčního úsilí v delším časovém horizontu.

Tato bakalářská práce si klade za cíl přiblížit v teoretické části problematiku faktorů ovlivňujících reprodukční úsilí ptáků, a to konkrétně variabilitu v investicích do velikosti a počtu vajec ve snůškách. V praktické části se zaměřuje na dlouhodobou analýzu reprodukčních charakteristik ťuhýka obecného, využívající unikátní historická data.

Cílem této práce je analyzovat časoprostorovou variabilitu reprodukčního úsilí ťuhýka obecného v České republice, se zaměřením na dvě období: první polovinu 20. století a konec 20. a začátek 21. století. V prvním období se práce soustředí na velikost snůšky a morfometrické charakteristiky vajec, zatímco v druhém období především na velikost snůšky a hmotnost vajec. Toto rozdílné zaměření je dáno dostupností dat pro jednotlivá období.

Metodologicky se práce opírá o analýzu snůšek a morfometrických charakteristik vajec z první poloviny 20. století získaných přepisem původních terénních zápisníků, přímým měřením snůšek ze oologické sbírky Národního muzea a

využitím údajů z evidenčních štítků. Pro období konce 20. a začátku 21. století byla analyzována hmotnost vajec a velikost snůšky, přičemž data byla rovněž získána z terénního zápisníku. Získaná data byla zpracována pomocí standardních statistických metod v programu R 4.3.3, včetně mnohonásobné lineární regrese a Poissonovy regrese, s důrazem na analýzu časoprostorových charakteristik velikosti snůšek a morfometrie vajec.

Význam této práce spočívá v jejím potenciálu přispět k lepšímu pochopení intenzity reprodukčního úsilí tůňky obecné v historickém kontextu. Zatímco většina současných studií se opírá o data z nedávné minulosti, tato analýza poskytuje unikátní pohled na dlouhodobé trendy. Tyto poznatky mohou významně obohatit naše chápání změn v reprodukčních strategiích tohoto druhu v průběhu času.

# 1 Teoretická východiska

## 1.1 Definice reprodukčního úsilí

Podle Stearnse (1992) je reprodukční úsilí klíčovým konceptem v teorii životních strategií. Reprodukční úsilí je definováno jako podíl celkové energie organismu, který organismus získá v průběhu určitého biologicky relevantního období a investuje jej do procesů spojených s rozmnožováním (Hirshfield a Tinkle, 1975).

Evoluce favorizuje ty fenotypy reprodukčního úsilí, které nejlépe přispívají k celkovému reprodukčnímu potenciálu organismu. Při každé reprodukční příležitosti by jedinci měli uplatňovat strategii, která maximalizuje jejich genetický příspěvek do dalších generací. Tato strategie obvykle spočívá v nalezení ideální rovnováhy mezi kvantitou a kvalitou potomstva. Nejúspěšnější jedinci jsou zpravidla ti, kteří dokážou vyprodukovat dostatečný počet životaschopných potomků, kteří nejen přežijí, ale sami se i úspěšně rozmnoží (Hirshfield a Tinkle, 1975; Stearns, 1992).

Existují specifické podmínky, které by měly podporovat evoluci vysokého reprodukčního úsilí. Mezi ně patří vysoká míra mortality dospělců způsobená vnějšími faktory, stabilní prostředí z hlediska přežívání mlád'at a roky s příznivými podmínkami pro přežití mlád'at v proměnlivém prostředí, pokud jsou dospělci schopní tyto podmínky předvídat. Tyto faktory společně formují selekční tlaky, které určují optimální míru investice do reprodukce u různých druhů a v různých ekologických kontextech (Hirshfield a Tinkle, 1975).

## 1.2 Reprodukční úsilí ptáků (Aves)

Ptáci mají několik způsobů, jak mohou přizpůsobit míru svého reprodukčního úsilí. V tomto jsou klíčovými faktory velikost snůšky a velikost vajec ve snůšce. Dalšími uváděnými faktory jsou například kvalita vajec, poměr pohlaví mlád'at, časový vzorec, podle kterého se líhnou jednotlivá mlád'ata (Slagsvold a kol., 1984), počet snůšek během hnízdní sezony a míra péče o potomstvo (Bernardo, 1996a; Nagy a Holmes, 2005). Jaké množství energie ptáci investují do produkce snůšek se liší nejen v závislosti na jejich reprodukčních strategiích, ale i na podmínkách v jejich životním prostředí.

Kompromis (trade-off) mezi počtem vajec ve snůšce a jejich velikostí je jedním ze základních principů teorie životních strategií (Martin a kol., 2006). Teorie životních strategií (Life history theory) je klíčový koncept v evoluční ekologii, který se zabývá tím, jak organismy rozdělují své omezené zdroje mezi různé aspekty svého života, především mezi růst, přežití a reprodukci. Trade-offs mezi těmito charakteristikami ovlivňují fitness organismu. Studium těchto interakcí můžeme vysvětlit, jak se adaptují jednotlivé fenotypy organismů (Stearns, 1992).

Jak již bylo zmíněno reprodukční úsilí ptáků zahrnuje mnoho aspektů, včetně velikosti snůšky a velikosti jednotlivých vajec. Tyto faktory mají významný vliv na úspěšnost rozmnožování a fitness potomstva. Větší velikost vajec má pozitivní vliv na úspěšnost líhnutí, velikost a rychlost růstu (Krist, 2011), přežívání mlád'at (Ojanen, 1978; Krist, 2011) a jejich fitness (Pinowska a kol., 2004). Tyto vztahy jsou nejsilnější v době líhnutí mlád'at, ale přetrvávají i po opuštění hnízda (Krist, 2011). Kladení velkých vajec ale může být nevýhodné z hlediska jejich energetické nákladnosti (Barrionuevo a Frere, 2014).

Velikost snůšky a vajec je v rámci třídy ptáci (Aves) značně rozmanitá. Nejmenší vejce klade kalypta nejmenší (*Mellisuga helenae*), zástupce čeledi kolibříkovitých (Trochilidae). Délka vajec dosahuje délky pouhých 6,35 mm (Khanna a Yadav, 2005). Naopak největší vejce mezi ptáky snáší pštros dvouprstý (*Struthio camelus*). Rozměry jejich vajec dosahují rozměrů až 17,8 cm × 14 cm, přesto tvoří pouze 1 %

váhy samice (Khanna a Yadav, 2005). Největší vejce v poměru k tělu matky produkují ptáci rodu kivi (*Apteryx*). Jejich vejce dosahují 14-23 % matčiny váhy (Vieco-Galvez a kol., 2021). Největší nám známá vejce kladli dnes již vyhynulí ptáci rodu *Aepyornis*. Vejce dosahovala rozměrů 26–40 cm × 19–25 cm. *Aepyornis* spp. tak snášeli největší známá vejce mezi amnioty (Chinsamy a kol., 2020).

Největší snůšky s průměrným počtem 15–19 vajec na snůšku v jednom hnízdním pokusu klade koroptev polní (*Perdix perdix*). Největší zaznamenaná snůška u tohoto druhu obsahovala 25 vajec (Khanna a Yadav, 2005). Z nidikolních ptáků klade největší snůšky sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*) s v průměru 11–12 vejci ve snůšce, maximální zaznamenaný počet byl 19 vajec (Khanna a Yadav, 2005). Snůšky s jediným vejcem jsou typické u dlouhověkých druhů s nízkou mortalitou jako jsou například druhy z čeledi albatrosovití (Diomedidae) nebo největších druhů tučňáků rodu *Aptenodytes* (Williams, 1995; Khanna a Yadav, 2005).

V kontextu optimální velikosti snůšky je důležité zmínit koncept tzv. Lackovy snůšky, pojmenovaný po britském ornitologovi Davidu Lackovi (Stearns, 1992). Jako Lackovu snůšku označujeme teoreticky optimální počet vajec, který vyprodukuje maximální počet přeživších mlád'at (Stearns, 1992). Pokud se velikost snůšky zvětšuje nad tento optimální počet snižuje se pravděpodobnost přežití potomstva. Lack předpokládal, že velikost snůšky je primárně omezena schopností rodičů zajistit dostatek potravy pro svá mlád'ata (Lack, 1954; Stearns, 1992). Nicméně, pozdější výzkumy ukázaly, že skutečná velikost snůšky se může lišit v závislosti na dalších faktorech. Koncept Lackovy snůšky zůstává důležitým teoretickým základem pro studium evoluce velikosti snůšky u ptáků a pomáhá vysvětlit pozorované vzorce v reprodukčním úsilí různých druhů (Ricklefs, 2000; Martin, 2004).

Alokace zdrojů do většího reprodukčního úsilí nemá vliv pouze na aktuální reprodukční aktivitu, ale i na budoucí reprodukci, kondici, přežívání a celkové fitness samice (Stearns, 1992; Kjell a kol., 1993; Nager a kol., 2001). Samotná produkce vajec je jen jedním z aspektů reprodukčního úsilí rodičů, do kterého vkládají energii. energii ušetřenou omezením produkce vajec mohou ptáci



investovat do dalších aktivit, jako je stavba hnízda, inkubace, krmení mláďat a jejich ochrana před predátory (Sibly a kol., 2012).

### **1.2.1 r/K strategie**

Součástí teorie životních strategií a jedním z jejích prvních modelů (Reznick a kol., 2002) je tzv. r/K strategie, která byla poprvé představena MacArthurem a Wilsonem (MacArthur a Wilson, 1967). Koncept r/K strategie představuje různé způsoby, jakými jednotlivé organismy investují své zdroje do reprodukčního úspěchu a přežití svých potomků. R-stratégové jsou definováni jako druhy investující do velkého množství malých méně vybavených potomků s krátkým životním cyklem a velkým reprodukčním úsilím (Stearns, 1992). Za K-stratégy považujeme druhy, které mají dlouhý životní cyklus a investují do malého počtu velkých dobře vybavených potomků. Jejich reprodukční úsilí je nižší než u r-stratégů (Stearns, 1992). R- a K-selekce závisí na mnoha faktorech jako je hustota populace, dostupnost potravy nebo změny v životním prostředí organismů (Reznick a kol., 2002). U ptáků využívání kontinua r/K strategie souvisí ve větší míře s jejich fylogenezí (Stearns, 1992).

Selekce mezi r nebo K strategií souvisí s populační hustotou ptáků a její regulací (Reznick a kol., 2002). V prostředí s malou populační hustotou mohou být favorizovány samice, které kladou větší počet vajec. Naopak při vysokých hustotách populace, kde je konkurence intenzivnější, mohou být upřednostňovány samice produkující menší snůšky (Sæther a kol., 2021). Výsledkem této selekce reagující na změny početnosti populace je dlouhodobé kolísání velikosti snůšky kolem stabilního průměru, který se v čase příliš nemění (Sæther a kol., 2016).

### **1.2.2 Income breeding a capital breeding**

Reprodukční úsilí ptáků je ovlivňováno i tím, jakou strategii využívání vlastních zdrojů pro rozmnožování volí jednotlivé druhy. Rozlišujeme strategie tzv. income breeding a capital breeding. Income breeding je strategie, kdy ptáci získávají zdroje potřebné k rozmnožování během období hnízdění z potravy, kterou průběžně

sbírají (Langin a kol., 2006; Stephens a kol., 2009). Ptáci s touto strategií mohou kvůli limitaci dostupnými zdroji klást menší snůšky (Drent a Daan, 1980). Naopak, capital breeding je strategie, kdy jsou ptáci závislí na endogenních zdrojích získaných před obdobím hnízdění (Evans a kol., 2009). Reprodukční úsilí samice v tomto případě závisí na její tělesné kondici (Klaassen a kol., 2006). Většina druhů ptáků pravděpodobně využívá určitou kombinaci těchto strategií (Langin a kol., 2006). Podle modelů zohledňujících velikost těla a související s různými fyziologickými nároky je pravděpodobné, že strategii capital breedingu budou převážně využívat větší druhy ptáků, zatímco menší druhy budou spíše inklinovat k income breedingu (Klaassen a kol., 2006).

### **1.2.3 Altricialita a prekocialita**

Reprodukční úsilí se u ptáků liší i v závislosti na vývojovém stádiu, ve kterém se líhnou jejich mlád'ata. V tomto směru rozdělujeme druhy na kontinuální škále mezi dvěma základními skupinami tzv. prekociálními a altriciálními ptáky. Samice prekociálních ptáků vkládají velké množství svých zdrojů do produkce vajec s většími žloutky. V důsledku toho se mlád'ata prekociálních ptáků líhnou v pokročilejším stádiu vývoje s nízkou potřebou rodičovské péče. Krátce po vylíhnutí jsou schopna opustit hnízdo a sama hledat potravu. Jejich embryonální vývoj a následný růst jsou ale pomalejší než u altriciálních ptáků (Khanna a Yadav, 2005). Investice samic do velikosti mlád'at je důležitá pro snížení míry mortality (Stearns, 1992). Velikost snůšky je v tomto případě spíše limitována kondicí samice a dostupností zdrojů (Kjell a kol., 1993).

Mlád'ata altriciálních ptáků se líhnou holá a slepá s méně vyvinutými orgány. Jsou zcela závislá na rodičovské péči ve formě zahřívání a pravidelným poskytováním potravy. To zvyšuje i riziko predace a ztráty celé investice do rozmnožování. Výhodou této strategie je schopnost rychlé produkce mlád'at díky jejich rychlému růstu (Khanna a Yadav, 2005). V případě altriciálních druhů může být zvýšený počet potomků na úkor jejich velikosti vykompenzován častějším krmením (Stearns, 1992). Velikost snůšky altriciálních ptáků je tedy limitována schopností rodičů krmit mlád'ata (Lepage, 1998). Sibly a kol. (2012) uvádí, že altriciální ptáci jsou

v investicích do vajec o 50 % méně produktivní než ptáci prekociální. Jejich studie ukazuje, že produktivita je nižší u druhů s větší rodičovskou péčí po vylíhnutí. Investice do vajec se může zvýšit, pokud rodičovská péče nepadá pouze na matku.

#### **1.2.4 Mateřský efekt**

Mateřský efekt je definován jako přímý efekt fenotypu rodiče na fenotyp potomků, který nesouvisí s vlastním genotypem potomků a interakcí genotypu s prostředím (Bernardo, 1996b). Tento efekt může mít různé formy a projevuje se v mnoha aspektech vývoje ptáků. Kirkpatrick a Lande (1989) mateřský efekt rozdělili do dvou kategorií: maternální dědičnost (maternal inheritance) a maternální selekci (maternal selection). Maternální dědičnost zahrnuje vliv fenotypu matky na potomky prostřednictvím různých nemendelovských mechanismů. To může zahrnovat např. velikost samice a další fyziologická omezení. Maternální selekce se týká způsobu, jakým matka ovlivňuje prostředí svých potomků. Zahrnuje tedy např. rodičovskou péči o potomky. Různé úrovně a formy rodičovské péče mezi jedinci se projevují rozdílnými vlivy na fenotyp potomků (Bernardo, 1996a). Mateřský efekt tak může ovlivnit mlád'ata altriciálních ptáků zcela závislých na péči rodičů více než velikost vajec (Pinowska a kol., 2004).

Je důležité poznamenat, že mateřský efekt nemusíme chápat pouze jako vliv fenotypu matky. Na potomkův fenotyp může mít vliv i otec např. péčí o mlád'ata nebo krmením samice v době inkubace vajec (Bernardo, 1996a).

Jedním z nejvíce studovaných aspektů mateřského efektu u ptáků je velikost vejce (Bernardo, 1996b). Velikost vejce často závislá na velikosti samice, přičemž větší samice obvykle produkují větší vejce (Martin a kol., 2006). Tento vztah má významné důsledky pro vývoj a přežití mlád'at, neboť větší vejce obvykle poskytují lepší startovní podmínky pro vylíhnutí mlád'ata (Pinowska a kol., 2004). Velikost mlád'at ptáků je závislá jak na mateřské dědičnosti, tak na mateřské selekci (Kirkpatrick a Lande, 1989).

Potti (1999) ve své studii na lejskovi černohlavém (*Ficedula hypoleuca*) zjistil, že kondice samice ve věku 13 dní, tj. v období před prvním vylétnutím z hnízda, ovlivňuje objem jejích snesených vajec v dospělosti. Samice v lepší kondici ve věku 13 dní kladly v dospělosti větší vejce. Velikost snůšky v dospělosti ale nebyla kondicí samice ve věku 13 dní ovlivněna. Zajímavé je, že objem vajec dcer byl podobný objemu vajec jejich matek a babiček z mateřské strany, což naznačuje určitou míru dědičnosti tohoto znaku (Potti, 1999).

Kromě velikosti těla matky existuje i významný vliv věku samice na mateřský efekt. Starší samice obvykle kladou větší vejce, což může zvýšit úspěšnost jejich potomků (Bernardo, 1996a). Vliv věku matky na mláďata u sýkory koňadry (*Parus major*) zkoumali Perrins a Moss (1974). Jejich výzkum ukázal, že mláďata mladých samic s malými zkušenostmi a starých samic měla vyšší mortalitu než mláďata samic středního věku.

### **1.2.5 Vliv časoprostorové variability na reprodukční úsilí ptáků**

Reprodukční úsilí ptáků se mění v závislosti na různých obdobích a oblastech tak aby maximalizovali svou reprodukční úspěšnost. Tato variabilita může být ovlivněna různými faktory, jako jsou dostupnost potravy, typ hnízda, predace, změny podmínek v sezóně nebo biogeografický region, kde se nachází hnízdiště druhu (Martin, 2004; Jetz a kol., 2008).

Teorie životních strategií se zaměřuje na zkoumání vlivu zeměpisné šířky a sezónnosti na velikost ptačích snůšek, což patří mezi klíčové oblasti výzkumu (Cooper a kol., 2005). Existuje zřetelný vztah mezi zeměpisnou šířkou a počtem vajec v jedné snůšce. Výzkumy ukazují, že ptáci hnízdící v tropech mají tendenci klást méně vajec, zatímco u druhů žijících blíže k pólům se velikost snůšky zvyšuje (Evans a kol., 2009; Griebeler, a kol. 2010). Tento gradient ve velikosti snůšky od rovníku k pólům představuje významný vzorec v reprodukčních strategiích ptáků. Tento fenomén úzce souvisí se sezónností, která je výraznější ve vyšších zeměpisných šířkách. Velikost snůšky se tedy zvětšuje v oblastech s výraznější sezónností (Jetz a kol., 2008). Proč má sezónnost takovýto dopad na konečnou

velikost snůšky lze vysvětlit několika faktory. Jedním z hlavních diskutovaných faktorů je dostupnost potravy, která se v sezónních oblastech výrazně mění během roku. Hypotéza navržená Ashmolem (1963) předpokládá, že existuje přímá úměra mezi velikostí snůšky a mírou sezónní fluktuace dostupných zdrojů pro danou populaci. Vyšší mortalita dospělých ptáků v mírném pásmu během zimního období snižuje hustotu populace. Tím se zvyšuje míra dostupnosti zdrojů pro přeživší jedince v období rozmnožování, kteří tak tak mohou klást větší snůšky (Ricklefs, 1980; Jetz a kol., 2008). Alternativní hypotézou k tomuto tvrzení je, že v prostředích s větší variabilitou v sezónnosti, a tedy i vyšší mortalitou dospělých jedinců, existuje evoluční tlak na zvyšování investic do současné reprodukce, což vede k větším snůškám (Jetz a kol., 2008).

Reprodukční úsilí se významně mění i v průběhu hnízdní sezóny, kdy s pozdějším datem kladení vajec velikost snůšky klesá. U druhů, které kladou několik snůšek za sezónu, se velikost snůšky nejdříve zvětšuje a klesá až od poloviny hnízdní sezóny (Dhondt a kol., 2002). Trend postupného snižování počtu snesených vajec může být způsoben sníženou dostupností potravy na konci hnízdní sezóny nebo kvalitou rodičů (Evans a kol., 2009). Pokles velikosti snůšky v sezóně potvrzují Evans a kol. (2009) ve své studii na několika druzích britských ptáků. Ve studii překvapivě nezjistili vztah mezi klesající velikostí snůšky v sezóně a zvyšující se zeměpisnou šířkou, se kterou přichází větší rozdíly v sezónnosti. Dále studie prokázala pozitivní vztah mezi délkou dne a velikostí snůšky. Při delší fotoperiodě mohou ptáci věnovat více hodin shánění potravy, a to může umožnit větší investici do reprodukce. Délka dne se prodlužuje se zvyšující se zeměpisnou šířkou, což může částečně vysvětlovat zvětšování snůšek ve vyšších zeměpisných šířkách (Sanz, 1999). Vztah mezi prodlužující se délkou dne a velikostí snůšky by měl být negativní u nočních ptáků, což bylo potvrzeno např. u puštíka obecného (*Strix aluco*) (Evans a kol., 2009). Podobné výsledky přináší studie Zárybnické a kol. (2012) na sýci rousném (*Aegolius funereus*). Jejich výsledky naznačují, že severní populace sov jsou omezeny kratší délkou noci během hnízdní sezóny a náhlými změnami v dostupnosti potravy během let, což v důsledku ovlivňuje počet mláďat, který jsou sýci schopni odchovat.

Cooper a kol. (2005) poukazují na možné ovlivňování velikosti snůšky prostorovými a sezónními změnami teplot. Schopnost rodičů zajistit optimální teplotní podmínky pro vývoj všech svých potomků může omezit velikost snůšky. Inkubace vajec je u velkých snůšek delší a pro rodiče energeticky náročnější. U zvětšených snůšek je navíc pro rodiče těžší rovnoměrné zahřívání a přemísťování všech vajec v hnízdě. Snížená inkubační teplota negativně působí na fenotyp mlád'at a snižuje jejich šanci na přežití po vylíhnutí (Hope a kol., 2021). Vyšší teplota prostředí může snižovat energetické náklady na inkubaci a tím podpořit vznik větších snůšek (Evanse a kol., 2009). V opozici k tomuto tvrzení jsou hypotézy Stolesona a Beissingera (1999) a Reida a kol. (2000). Hypotéza životaschopnosti vajec (egg viability hypothesis) předkládá názor, že rodiče zahajují inkubaci vajec před dokončením snůšky, protože životaschopnost vajec se pod vlivem externích podmínek snižuje. Vysoké teploty mohou zahájit vývoj vajec před samotnou inkubací. Kolísání teplot pod optimální úrovní pro vývoj ohrožují správný vývoj embrya. V prostředí s vyšší okolní teplotou tak mohou být favorizovány malé snůšky (Stoleson a Beissinger, 1999; Cooper a kol., 2005, Evanse a kol., 2009). Hypotéza ochlazování snůšky (clutch-cooling hypothesis) Reida a kol. (2000) uvádí, že velké snůšky mají vyšší tepelnou setrvačnost, a proto může být investice do jejich produkce v chladnějších podmínkách výhodnější.

Globální oteplování a s ním spojené změny v sezónnosti a dostupnosti zdrojů mohou významně ovlivnit reprodukční strategie ptáků (Visser a Both, 2005). Dunn a Winkler (2010) uvádí, že u mnoha druhů ptáků dochází k posunu načasování hnízdění směrem k dřívějším datům v reakci na zvyšující se teploty. Tento posun může vést k nesouladu mezi obdobím maximální dostupnosti potravy a potřebami mlád'at, což může negativně ovlivnit velikost snůšky a hnízdní úspěšnost (Both a kol., 2006). Je zřejmé, že vliv klimatické změny na reprodukční úsilí ptáků je komplexní a může se lišit mezi druhy i populacemi (Halupka a kol., 2023).

K rozdílům v reprodukčních strategiích u ptáků přispívá i nadmořská výška, zejména v rozdílech ve velikosti snůšek. S rostoucí nadmořskou výškou obecně klesá plodnost ptáků, což se projevuje menšími snůškami a menším počtem reprodukčních pokusů za rok (Boyle a kol., 2016). Tento trend je připisován

několika faktorům, včetně časového omezení kratší hnízdní sezónou ve vyšších nadmořských výškách a omezených potravních zdrojů (Bears a kol., 2009). Ve vyšších nadmořských výškách mohou na dospělé i vejce působit nižší teploty, nižší tlak vzduchu, snížená dostupnost kyslíku a silnější sluneční záření. Nižší teploty a množství kyslíku mohou zvyšovat energetické nároky dospělých jedinců na termoregulaci a metabolismus. To může vést k omezení jejich schopnosti investovat do reprodukce. Snížený tlak vzduchu ve vyšších nadmořských výškách způsobuje větší odpařování vody z vajec a hypoxickým podmínkám. Ptáci toto mohou kompenzovat produkcí vajec s větším množstvím vody, což se projeví v jejich velikosti (Balasubramaniam a Rotenberry, 2016). Badyev a Ghalambor (2001) navrhuje, že menší snůšky ve vyšších nadmořských výškách mohou být adaptivní strategií, která umožňuje rodičům věnovat více péče jednotlivým mlád'atům v náročnějším prostředí. Zajímavým zjištěním jejich studie je, že s rostoucí elevací se samci více podíleli na rodičovské péči. Výsledkem byla nižší mortalita mlád'at než u ptáků hnízdících nízkých nadmořských výškách. Zatímco velikost snůšky s nadmořskou výškou klesá, velikost jednotlivých vajec může naopak růst, což naznačuje kompromis mezi kvantitou a kvalitou potomstva (Balasubramaniam a Rotenberry, 2016).

Vliv výškového gradientu u prekociálních ptáků studovali Balasubramaniam a Rotenberry (2016). Výsledky jejich studie na hrabavých (Galliformes) ukázaly, že existují výrazné interakce mezi nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou. U druhů hnízdících v mírném pásmu ve vyšších nadmořských výškách podle očekávání pozorovali menší snůšky, zvětšování vajec a kratší inkubační dobu. Překvapivě u tropických vysokohorských druhů zaznamenali zvětšování hmotnosti vajec i snůšky a prodlužování inkubační doby. Již dříve zmiňovaný vliv zeměpisné šířky na počet vajec ve snůšce byl pozorován jen v nízkých elevacích.

Faktorem ovlivňujícím investici ptáků do snůšek může být i bezpečnost hnízdiště. Tímto se ve své studii zabývali např. Hipfner a kol. (2001), kteří porovnávali vliv rozdílných hnízdních zvyků alky malé (*Alca torda*) a alkouna tlustozobého (*Uria lomvia*) na velikost vajec a schopnost opětovného zahníždění. Studie potvrdila tzv. hypotézu opětovného zahníždění. Alky, stavějící si hnízda ve chráněných štěrbinách

útesů, snášely větší první vejce, přičemž při ztrátě vajec méně často znovu zahnízdily. Oproti tomu alkouni, hnízdící pouze na nechráněných skalních útesech, investovali méně do prvních snůšek, ale byli schopni častěji vytvářet náhradní snůšky.

Co se týče velikosti snůšky v souladu s teorií životních strategií by měl organismus za zvýšeného rizika predace, které snižuje potenciální úspěšnost hnízdění, snížit své reprodukční investice. Kladení menších snůšek může být součástí strategie rozložení rizika (bet-hedging strategy), která balancuje mezi současným a budoucím reprodukčním úsilím. Rodiče s menším počtem mlád'at nemusí vkládat tak velké úsilí do přinášení potravy a mohou lépe bránit hnízdo. Navíc mlád'ata v menších snůškách jsou tišší a méně se dožadují o potravu, což nepřilákává větší pozornost predátorů (Dillon a Conway, 2018). Lze obecně říct, že ptáci hnízdící na místech chráněných před predací, jako jsou dutiny, často kladou větší snůšky než jim příbuzné druhy hnízdící v otevřených a polootevřených hnízdech (Khanna a Yadav, 2005; Jetz a kol., 2008).

### **1.3 Reprodukční úsilí pěvců (Passeriformes)**

Pěvci (Passeriformes) se vyskytují po celém světě a patří mezi nejpočetnější ptáky téměř ve všech pevninských oblastech na Zemi (Schmitt a Edwards, 2022). Taxon reprezentuje téměř kompletní rozsah různorodosti v počtu vajec ve snůšce a dalších aspektech životních strategií (Martin a kol., 2006).

Z hlediska reprodukční biologie řadíme pěvce do ptáků altriciálních. U některých druhů se mlád'ata líhnou s pokryvem prachového peří. Po vylíhnutí mlád'ata zůstávají po většinu svého vývoje na hnízdě, patří tedy mezi nidikolní ptáky (Starck a Ricklefs, 1998). Právě pro nidikolní ptáky byla poprvé formulována hypotéza, že velikost snůšky je v konečném důsledku determinována maximálním průměrným počtem mlád'at, pro které jsou rodiče schopni sehnat potravu (Lack, 1954; Stearns, 1992).



U pěvců převládá strategie income breedingu, což je dáno zpravidla jejich menší tělesnou velikostí (Langin a kol., 2006). Nicméně některé druhy pěvců, zejména ty migrující na dlouhé vzdálenosti, mohou vykazovat prvky capital breedingu. Tato kombinace strategií jim poskytuje určitou pojistku proti nepříznivým podmínkám na počátku hnízdní sezóny, jako jsou nízké teploty nebo nízká dostupnost potravy (Langin a kol., 2006). Navíc větší zásoba zdrojů může mít pozitivní vliv na kondici jedinců a jejich reprodukční úspěšnost (Sandberg a Moore, 1996). Tento předpoklad testovali Smith a Moore (2003) u lesňáčka lejsčího (*Setophaga ruticilla*). Výsledky studie ukázaly, že samice s většími tukovými rezervami kladly větší snůšky a vejce většího objemu. Velikost vajec také pozitivně korelovala s tukovými zásobami samců. Smith a Moore (2003) argumentují, že samice lesňáčka pravděpodobně nevyužívají zdroje získané před přiletem k produkci vajec, ale jejich tukové zásoby mohou samicím poskytnout energetickou výhodu při získávání živin pro nadcházející reprodukci. Dále mohou uložené zdroje samicím umožnit efektivněji vyhodnotit kvalitu teritoria a potenciálních partnerů. U samců mohou větší tukové zásoby hrát důležitou roli v konkurenčním boji o kvalitní hnízdní lokality a zároveň poskytovat energetickou rezervu pro časově náročný zpěv. K této interpretaci výsledků se přiklání i Langin a kol. (2006), kteří u lesňáčků analyzovali, zda k formaci vajec využívají endogenní nebo exogenní zdroje pomocí stabilních izotopů uhlíku ve žloutcích a v krevní plazmě samic. Jejich výsledky naznačují, že samice při tvorbě vajec spoléhají spíše na exogenní zdroje potravy.

Reprodukční strategie pěvců se stejně jako u jiných ptáků výrazně liší v závislosti na geografické poloze a environmentálních faktorech. Rozsáhlou komparativní studii, která se zaměřila na analýzu geografické variability ve velikosti snůšky a hmotnosti vajec u pěvců napříč různými kontinenty ve 4 zeměpisných šířkách (konkrétně v Argentině, Jižní Africe, USA a Venezuele), provedli Martin a kol. (2006). Tato práce zahrnovala data o 74 druzích pěvců a poskytla významný vhled do globálních vzorců reprodukčních strategií těchto ptáků. Výzkumníci zkoumali, jak se zmíněné reprodukční charakteristiky mění v závislosti na zeměpisné šířce, hnízdní predaci, rodičovské péči o snůšku (ve studii pozornost věnovaná hnízdu, tedy procento času, kdy rodiče sedí na hnízdě a inkubují vejce) a mortalitě dospělců. Výzkum odhalil inverzní vztah mezi hmotností vajec a jejich počtem v jedné snůšce. Největší vejce

byla pozorována v tropech a subtropích, zatímco nejmenší v jižním a severním mírném pásmu. Největší snůšky byly kladeny v severním mírném pásmu. V Jižní Africe ptáci snášeli malá vejce i snůšky, což může souviset s vyšším rizikem predace v této oblasti. Celková hmotnost snůšek klesala se zvyšující se intenzitou predace hnízd, ale hmotnost vajec ne. Druhy, u kterých snůšky inkubovali oba rodiče, snášely větší vejce. Zvýšená mortalita dospělců vedla k větším snůškám, ale menším vejcím, což naznačuje kompromis mezi celkovým reprodukčním úsilím a investicí do jednotlivých potomků. Výsledky Martina a kol. (2006) tedy korespondovaly s teorií životních strategií.

V následující praktické části bakalářské práce se zabývám časoprostorovou variabilitou reprodukčního úsilí jednoho z druhů pěvců tůhýka obecného. Konkrétně se zaměřuji na dva hlavní ukazatele reprodukčního úsilí: velikost nebo hmotnost vajec a počet vajec ve snůšce. Výzkum se týká populací tůhýka obecného v několika oblastech České republiky a využívá historické záznamy k analýze dlouhodobých trendů. Cílem práce je prozkoumat, jak se reprodukční úsilí tůhýka obecného měnilo v čase a prostoru na území ČR, a to na základě dostupných historických dat o velikosti a hmotnosti vajec, stejně jako o počtu vajec v jednotlivých snůškách.

## 2 Metodika

### 2.1 Studovaný druh

Ťuhýk obecný (*Lanius collurio*) je v České republice běžně rozšířený malý druh pěvce z čeledi ťuhýkovitých (Laniidae). Jedná se o migrující druh. Jeho areál rozmnožování zahrnuje větší část Evropy a západní Asii. Zimoviště druhu se rozkládá na východě a jihu Afriky (Harris a Franklin, 2000). Na hnízdiště ťuhýci přilétají od konce dubna do první poloviny května. Hnízdí sezóna trvá od poloviny května do července. Odlet na zimoviště probíhá v srpnu a pokračuje do září, jednotlivci jsou pozorováni nejpozději v listopadu (Šťastný, 2011). V Česku hnízdí téměř po celém území, výjimečně i v polohách nad 1000 m n. m. (Šťastný, 2011). K hnízdění preferují otevřenou krajinu s roztroušenými křovinami a nízkými stromy v teplých a suchých oblastech (Harris a Franklin 2000). Ťuhýk obecný zpravidla klade 1 snůšku za sezónu, v případě neúspěšného hnízdění může naklást až 4 náhradní snůšky (Šťastný, 2011). Snůška obvykle obsahuje 3–7 vajec (Golawski a Golawska, 2023). Na začátku hnízdní sezóny ťuhýci kladou okolo 6 vajec, tento počet v průběhu hnízdní sezóny klesá. Nejmenší snůšky s 1 nebo 2 vejci jsou zaznamenávány za nepříznivých podmínek (Šťastný, 2011). Vejce dosahují délky 19,00–25,75 mm a šířky 14,70–18,10 mm. Hmotnost vajec se pohybuje v rozmezí 2,15–3,88 g, z toho 0,145–0,211 g tvoří hmotnost skořápky. Inkubace začíná od snesení předposledního vejce a obvykle trvá 14–16 dní (Šťastný, 2011). Po vylíhnutí setrvávají mláďata v hnízdě po dobu přibližně 14 dní, po opuštění hnízda jsou rodiči krmena ještě 2–4 týdny (Harris a Franklin, 2000).

### 2.2 Sběr dat

V této práci jsem použila historické údaje o velikosti snůšek a rozměrech vajec ťuhýka obecného, které byly získány dvěma způsoby, prepisem z originálních autorských zápisníků významných tvůrců oologických sbírek (Ing. Františka Mocka (Obr.1), Rudolfa Prázneho a Ing. Václava Tichého) a vlastním měřením vajec z oologické sbírky zoologického oddělení Národního muzea v Praze.

F. Mocek (1900–1960) působil jako středoškolský profesor na zemědělských školách v Kutné Hoře, v Kuklenách v Hradci Králové a v Klatovech. Ve svém volném čase se věnoval vytváření rozsáhlé kolekce ptačích vajec pocházejících převážně z oblastí Turnovska, Klatovska a Prahy. Sběrka obsahuje vejce 127 druhů ptáků nasbíraných v letech 1919–1955 (Hušek a Mattas 2020).

R. Prázný (1913–1982) vytvořil mezi lety 1952–1977 sbírku vajec 155 druhů ptáků, které sbíral v jižních Čechách (Mlíkovský, 2006). Snůšky tůňky obecné sbíral v 50. a 60. letech minulého století v okolí Českých Budějovic.

V. Tichý (1928–2007) byl zaměstnán ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti a v letech 1996–1997 byl pracovníkem AOPK v Praze (Hudec, 1999). Se svým synem Ing. V. Tichým ml. nashromáždili sbírku ptačích dermoplastů, kožek, hnízd a vajec. Exempláře pochází nejčastěji z období 50., 60. a 80. let minulého století z oblastí okolí Prahy a středních a jižních Čech (Hušek, 2020).

Ze zápisníků byly pro každou snůšku vypsány tyto údaje: datum a místo nálezu, podklad hnízda, výška hnízda od země (s přesností na 0,1 m), stádium inkubace vajec (čistá, skoro čistá, málo nasezelá, dosti nasezelá) nebo vývoje mlád'at (holá, málo opeřená, skoro opeřená), počet vajec nebo mlád'at a délka a šířka vajec (měřeno s přesností 0,01 mm). Ze zápisníku V. Tichého byly vypsány údaje o hmotnosti vajec (měřené s přesností 0,001 g). Zeměpisné souřadnice a nadmořská výška byly určeny pro nejbližší možný identifikovatelný krajinný prvek dle popisu lokality v záznamech, nebo obec, nebylo-li možné lokalitu nálezu blíže určit. K odečtu souřadnic byl použit mapový portál [Mapy.cz](http://mapy.cz) a mapy dostupné v Národním geoportálu INSPIRE.

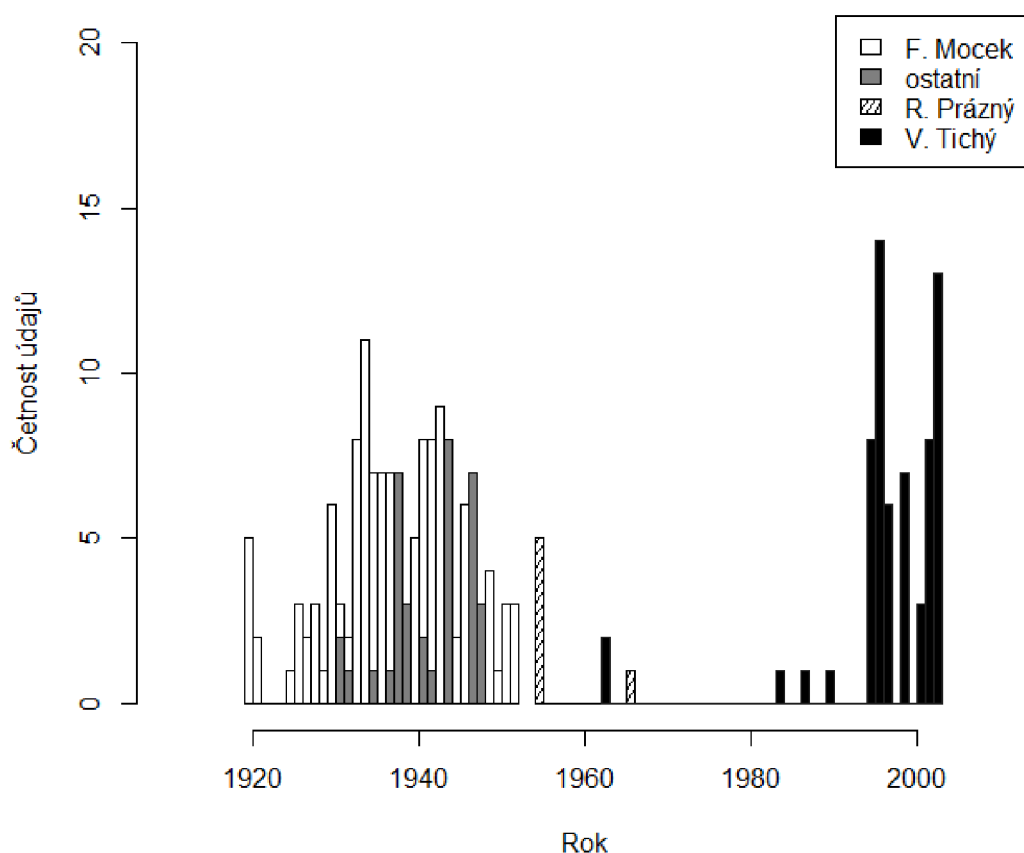
1925	8.	25/5	Prokeř IX	Stromovka - v částečném stromu v trávy - slupku v slonci a k tomu podíl bříle - v otvoreném kmeni podíl na louce - na křižalce - 12 m.	6 vejec	Úmí sbírka: 4 21.50.16.50 22.50.16.50 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 Průměr: 23.07.16.56	
	0.	26/5	Šulčův Hora	Hospodářská škola - školní zahrada - v rovní slonci - v rovní slonci podíl polí při sílnici do Orunky - v otvoreném kmeni podíl plochy - na švestce - 15 m.	6 vejec	Úmí sbírka: 5 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 23.41.16.71	Dokladová poznámka: vst. Per. Kruky.
1926	10	9/6	Čyčany Šulčův Hora	U les. hospodářství - na křižalce k Úmí sbírce v rovní slonci sílnici - na oválu v rovní slonci - na křižalce - 15 m.	6 vejec	Úmí sbírka: 6 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 22.81.16.55	
	11	22/6	Nová Ves Šulčův Hora	U les. hospodářství - v rovní slonci v rovní slonci podíl plochy podíl polí při sílnici k botánice - v rovní slonci - na křižalce - 16 m.	5 vejec	Úmí sbírka: 7 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 22.73.16.98	Průměr: 23.07.16.56
1927	12	21/5	Střelčice Mechanice	U les. hospodářství - v rovní slonci v rovní slonci podíl plochy podíl polí při sílnici - na křižalce - 15 m.	6 vejec	Úmí sbírka: 8 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 22.73.16.98	Průměr: 23.07.16.56
	13	3/7	Čyčany Hrádky	U les. hospodářství - v rovní slonci v rovní slonci podíl plochy podíl polí při sílnici - na křižalce - 16 m.	5 vejec	Úmí sbírka: 9 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 22.73.16.98	Průměr: 23.07.16.56
1928	14	26/5	Střelčice Mechanice	U les. hospodářství - v rovní slonci v rovní slonci podíl plochy podíl polí při sílnici - na křižalce - 12 m.	6 vejec	Úmí sbírka: 10 22.50.16.50 23.50.16.50 23.50.16.50 24.50.16.50 24.50.16.50 25.50.16.50 Průměr: 22.73.16.98	Průměr: 23.07.16.56

Obr.1: Ukázka ze zápisníku Ing. Františka Mocka, který obsahuje pro každou snůšku identifikační číslo ve sbírce, datum nálezu, název nejbližší obce, popis lokality nálezu, počet vajec/mlád'at a jejich stav, rozměry vajec a doplňující informace o nálezci hnízda.

V zápisníku F. Mocka bylo uvedeno celkem 115 snůšek s 665 vejci a 24 hnízdech se 105 mlád'aty t'uhýka obecného. Jedno nevylíhnuté vejce nalezené v hnízdě s mlád'aty nebylo do těchto výsledků započítáno. Záznamy pocházely ze severovýchodních Čech (1919–1939) a jihozápadních Čech (1939–1952). V zápisníku V. Tichého bylo popsáno 64 snůšek t'uhýka obecného tvořených 336 vejci. Snůšky byly nasbírány ve středních Čechách v letech 1962–2003. R. Prázný zaznamenal pouze 6 snůšek obsahujících 34 vajec nasbíraných v letech 1953–1965 v oblasti Českobudějovicka (Obr.2). V originálních zápisech autorů byly zaznamenány výška (cm) a šířka (cm) 285 vajec a hmotnost (g) celkem 334 vajec.

Jako doplňující zdroj původních autorských měření F. Mocka byly využity údaje uvedené na evidenčních štítcích snůšek v oologické sbírce Národního muzea. Tyto snůšky byly původně součástí kolekce hraběte Bedřicha Karla Kinského, do které

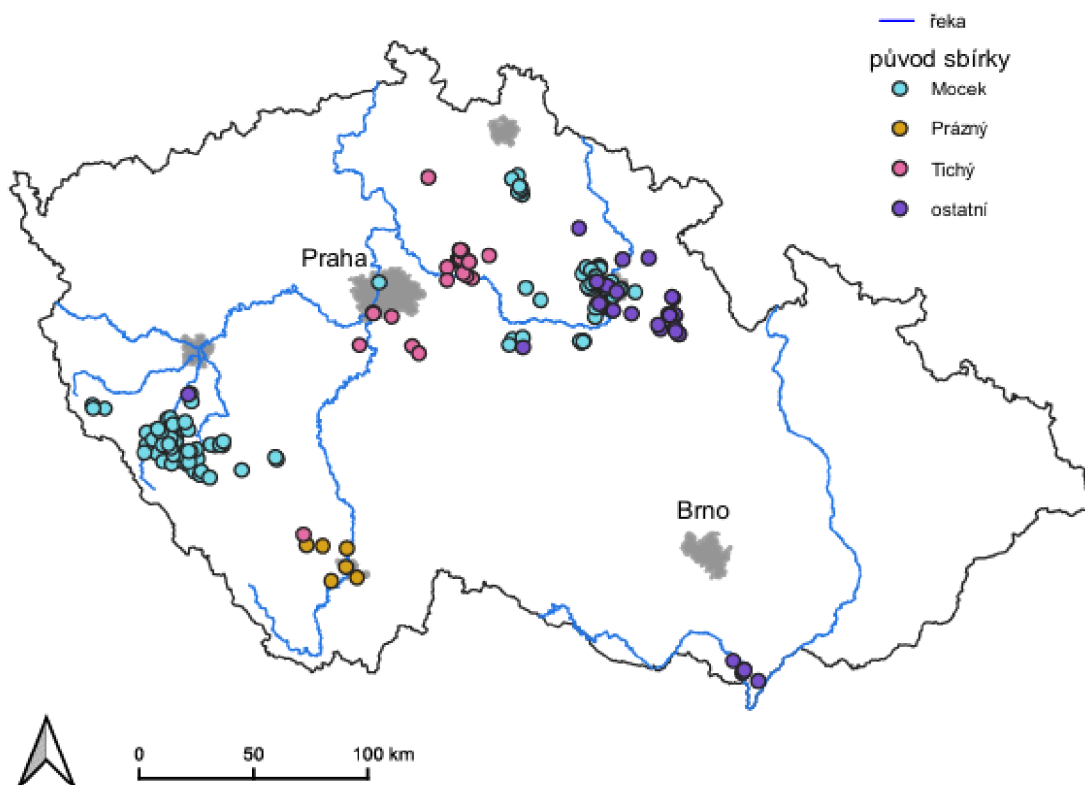
často přispíval i F. Mocek (Hušek a Mattas 2020). Snůšky byly nasbírány mezi lety 1930–1948, pocházely ze severovýchodních a jihozápadních Čech a oblasti Břeclavska (Obr.2). Na evidenčních štítcích snůšek vajec v oologické sbírce Národního muzea bylo celkem uvedeno 228 vajec. Fyzicky se ve sbírce nacházelo celkem 224 vajec ve 41 snůškách, z toho 5 snůšek (27 vajec) korespondovalo se záznamy v zápisníku F. Mocka. Do analýzy byly zahrnuty pouze rozměry ze štítků, které neduplikovaly záznamy z autorského zápisníku F. Mocka.



Obr.2: Nálezy hnízd s vejci i mláďaty tuňáka obecného podle sběratelů v průběhu let

Celkem byly získány údaje o 1232 vejcích z 221 snůšek z období 1919–2003. Nejvíce dat bylo zaznamenáno v letech 1926–1955 (859 vajec, 150 snůšek) a 1995–2003 (311 vajec, 59 snůšek). Jen ojediněle se v záznamech vyskytovala data ze 60. a 80. let 20. století (26 vajec, 5 snůšek). Data ze 70. let 20. století se v souboru vůbec nevyskytovala (Obr.2).

Nejvíce zastoupenými oblastmi byly severovýchodní Čechy (Královéhradecký, Liberecký a Pardubický kraj) s 93 snůškami, jihozápadní Čechy (Plzeňský kraj) s 51 snůškami a střední Čechy (okolí Prahy, bývalý vojenský prostor Mladá v Milovicích) s 64 snůškami. Jen minimálně byly zastoupeny oblasti Českobudějovicka s 6 snůškami a Břeclavska s 6 snůškami. Průměrný roční počet sebraných snůšek (+SD) za období 1919–1948 byl v severovýchodních Čechách  $4,43 \pm 3,06$  snůšky, za období 1939–1952 v jihozápadních Čechách  $3,92 \pm 2,5$  snůšky, za období 1962–2003 ve středních Čechách  $6,3 \pm 4,67$  snůšek, v roce 1947 na Břeclavsku  $6 \pm 0$  snůšek a za období 1954–1966 na Českobudějovicku  $2 \pm 1$  snůšky.

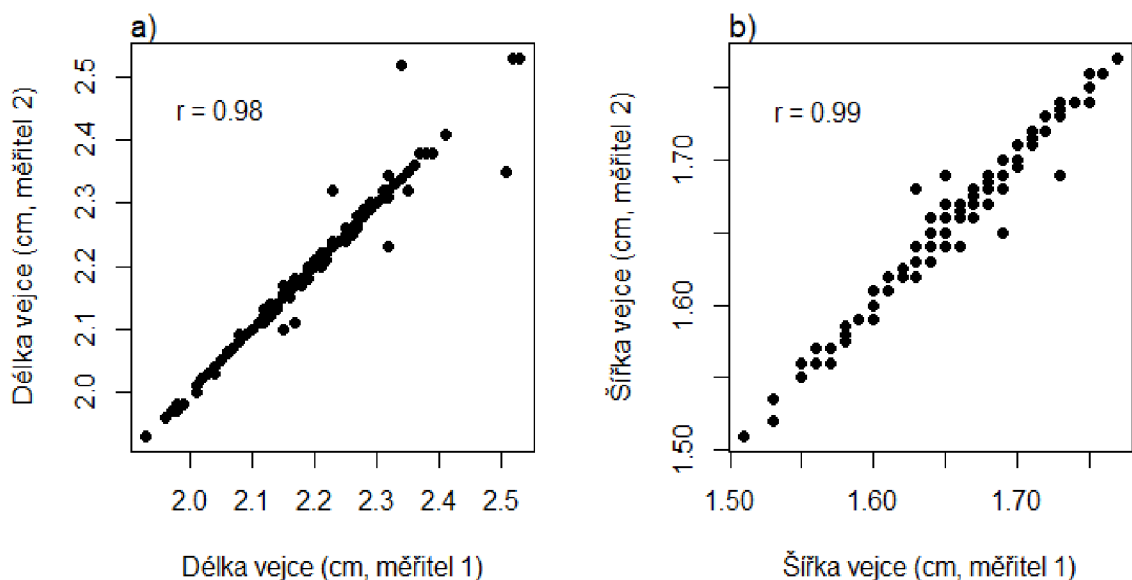


Obr.3: Mapa nálezů snůšek podle sběratelů (autor Jan Hušek)

## 2.3 Vlastní měření

Vejce uložená v oologické sbírce Národního muzea jsou uchovávána jako vyfouklé skořápky.

V depozitáři Národního muzea byla změřena výška a šířka 223 vajec. Jedno z vajec bylo rozbité, a tedy nemohlo být přeměřeno. Délku a šířku vajec jsem měřila pomocí posuvného měřítka s přesností 0,1 mm. Za účelem ověření variability v měření byla vejce přeměřena nezávislým pozorovatelem (JH). Naměřené hodnoty délky vajec mezi dvěma měřiteli silně pozitivně korelovaly ( $r = 0,98$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 223$ , Obr.4a) stejně jako hodnoty pro šířku ( $r = 0,99$ ,  $p < 0,001$ ,  $n = 223$ , Obr.4b).



Obr.4: Vztah naměřených hodnot a) délky a b) šířky vajec tuhýčka obecného ve sbírce Národního muzea mezi dvěma měřiteli

Objem ( $V$ ) v  $\text{cm}^3$  pro každé vejce jsem vypočítala s použitím Hoytova (1979) vzorce

$$V = 0,51 * L * B^2,$$

a index sfericity (SH) jsem vypočítala pomocí vzorce

$$SH = (B / L) * 100$$

kde  $L$  = délka,  $B$  = šířka vejce (Hoyt 1976, Hůrak a kol., 1995).



Hodnota indexu sfericity je udávána v % a charakterizuje tvar vejce. Čím vyšší je hodnota indexu sfericity, tím kulatější je vejce, naopak vejce s nižší hodnotou indexu sfericity jsou více protáhlá. Poté jsem vypočítala průměrné hodnoty pro jednotlivé snůšky.

V a SH jsou běžně počítané morfologické charakteristiky a umožňují přímé srovnání napříč vědeckými studii (Baňbura a kol., 2018).

## 2.4 Statistická analýza

Statistická analýza dat byla provedena pomocí programovacího jazyka a prostředí R 4.3.3 (R Core Team, 2024). Závislost morfometrických charakteristik a hmotnosti vajec na vysvětlujících proměnných jsem testovala pomocí mnohonásobné lineární regrese. Pro analýzu morfometrických charakteristik jsem jako závislé proměnné uvažovala průměrnou výšku, šířku, objem a index sfericity vajec ve snůšce. K této analýze jsem využila údaje ze sbírky F. Mocka a sbírky Národního muzea, a to konkrétně údaje ze severovýchodních a jihozápadních Čech. Ostatní oblasti byly vynechány z důvodu nízkého počtu dat. Pro analýzu vlivu faktorů na průměrnou hmotnost vajec ve snůšce při jejich sběru jsem použila pouze údaje ze sbírky V. Tichého, jelikož v ostatních sbírkách vejce vážena nebyla. V analýze byly použity údaje o snůškách získané mezi lety 1995–2003. Zbývající dříve zaznamenané údaje měly nízké zastoupení a od tohoto období měly velký časový odstup a tím výrazně ovlivňovaly analýzu. Dále jsem testovala vliv vysvětlujících proměnných na velikost snůšky.

Pro každou závislou proměnnou jsem v samostatném modelu mnohonásobné lineární regrese testovala vliv následujících vysvětlujících proměnných: rok a den nález snůšky, oblast nález, zeměpisná délka, zeměpisná šířka, nadmořská výška místa nález a počet vajec ve snůšce. Před samotnou analýzou jsem použila Shapirův-Wilkův test ke kontrole normálního rozdělení datového souboru. Závislost počtu vajec ve snůšce na vybraných faktorech (sběratel, rok a den nález snůšky, zeměpisná délka, zeměpisná šířka a nadmořská výška místa nález) jsem testovala pomocí Poissonovy regrese, která se používá v případě závislé proměnné

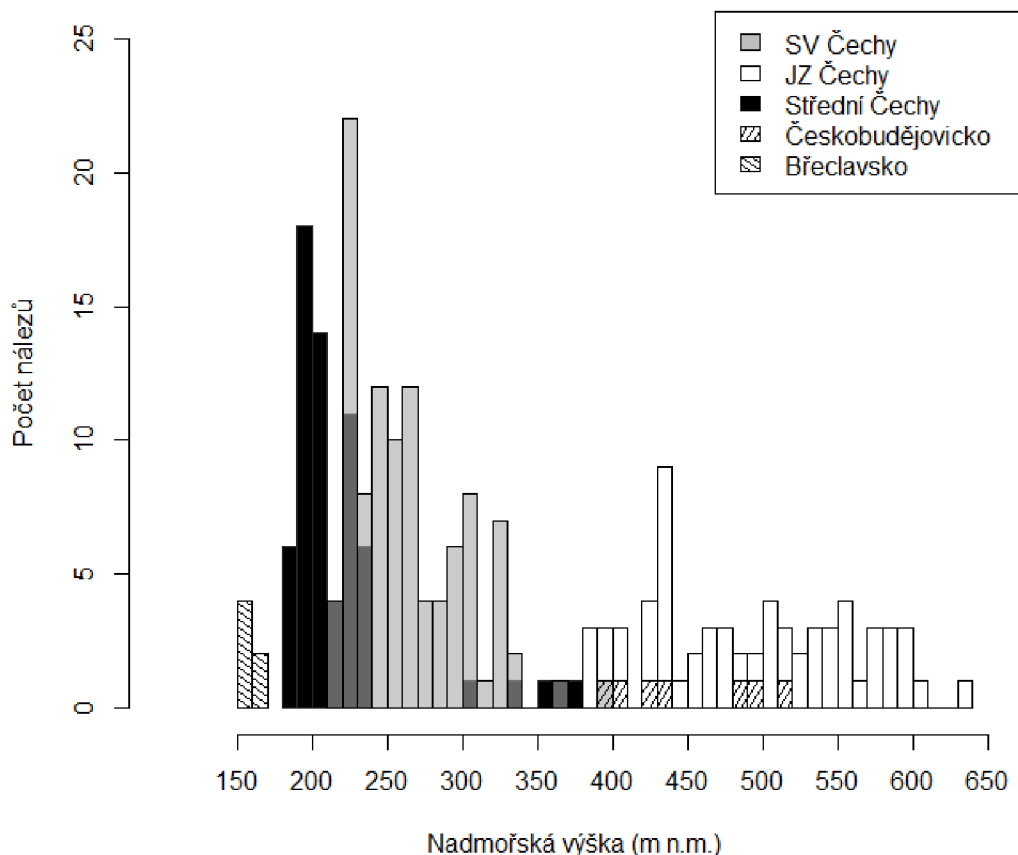
s Poissonovým rozdělením (Aho,2014). V analýze byla použita data ze všech oblastí kromě Břeclavska, které je v rámci České republiky specifickou oblastí z hlediska environmentálních podmínek a geografické vzdálenosti od ostatních analyzovaných oblastí.

## 3. Výsledky

### 3.1 Popisná statistika

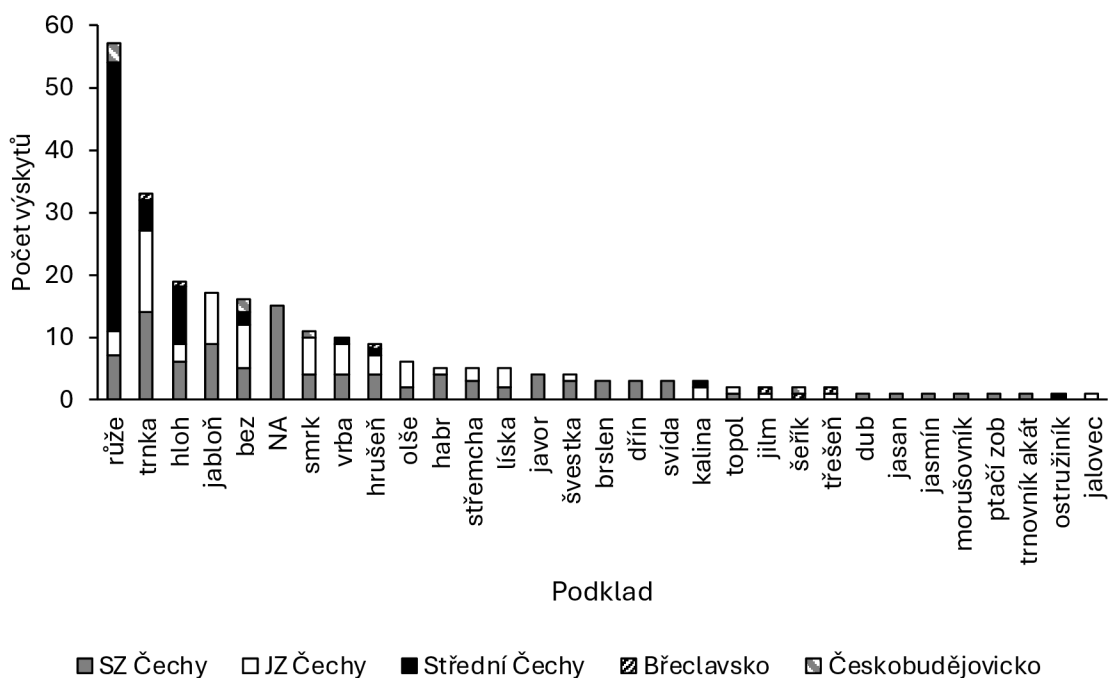
Celkový průměrný počet vajec ve snůšce ťuhýka obecného zahrnující všechny získané údaje byl  $\bar{x} \pm SD = 5,59 \pm 0,73$  ( $n = 221$ ). Průměrný počet vajec ve snůšce ťuhýka obecného v severovýchodních Čechách mezi lety 1919–1948 byl  $\bar{x} \pm SD = 5,63 \pm 0,67$  ( $n = 93$ , sbírka F. Mocka a Národního muzea). Průměrný počet vajec v jedné snůšce mezi lety 1939–1952 v jihozápadních Čechách byl  $\bar{x} \pm SD = 5,92 \pm 0,39$  ( $n = 51$ , sbírka F. Mocka a Národního muzea). Ve středních Čechách mezi lety 1962–2003 byl průměrný počet vajec ve snůšce  $\bar{x} \pm SD = 5,25 \pm 0,9$  ( $n = 63$ , sbírka V. Tichého). Průměrný počet mlád'at v hnízdě zaznamenaný F. Mockem v severovýchodních Čechách v letech 1919–1938 byl  $\bar{x} \pm SD = 4,33 \pm 0,5$  ( $n = 9$ ). Průměrný počet mlád'at v jihozápadních Čechách v letech 1939–1952 byl  $\bar{x} \pm SD = 4,4 \pm 0,91$  ( $n = 15$ ).

Nadmořská výška lokalit nalezených snůšek, se v jednotlivých oblastech pohybovala mezi 155–170 m n. m. na Břeclavsku, 180–380 m n. m. ve středních Čechách, 210–395 m n. m. v severovýchodních Čechách, 390–520 m n. m. na Českobudějovicku a 380–640 m n. m. v jihozápadních Čechách (Obr.5).



Obr.5: Nálezy hnízd s vejci i mláďaty t'uhýka obecného podle nadmořské výšky (m n. m.)

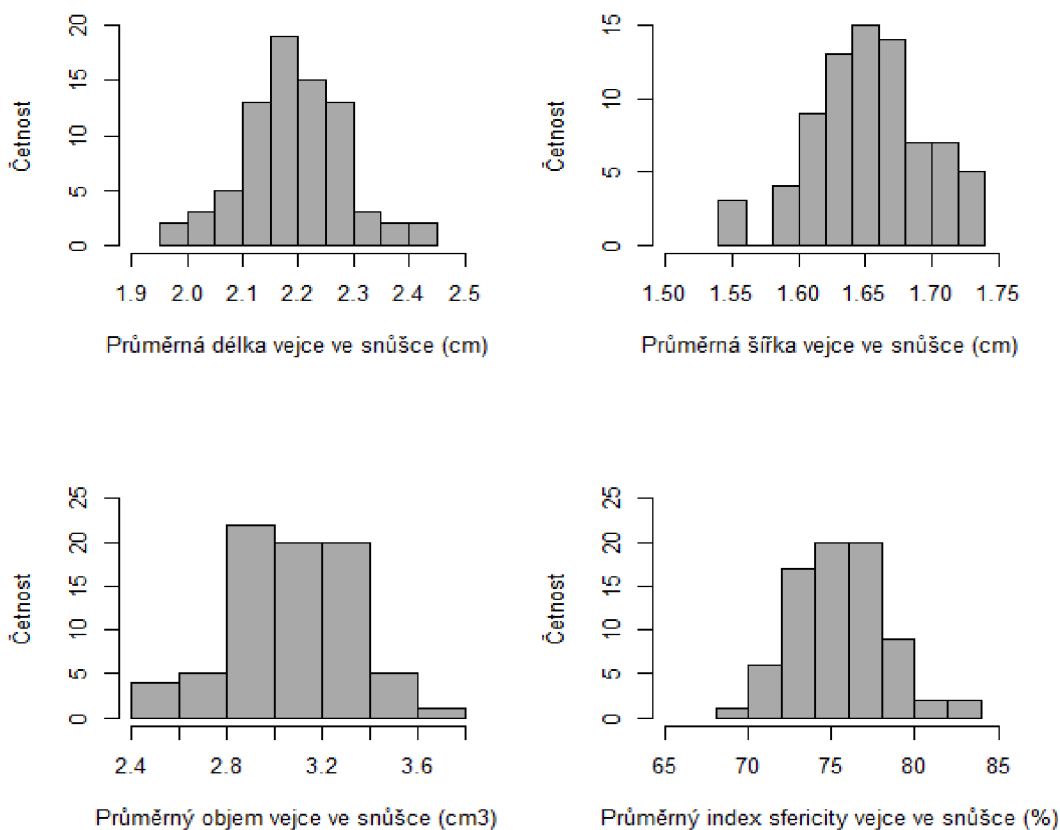
V severovýchodních i jihozápadních Čechách byla hnízda umístěna nejčastěji na trnce obecné (*Prunus spinosa*) a jabloni (*Malus sp.*), kde bylo umístěno 44 (tj. 18,03 %) všech hnízd. Ve středních Čechách jako podklad dominovaly růže šípková (*Rosa canina*), hloh (*Crataegus sp.*) a trnka obecná s celkem 57 (tj. 23,36 %) všech nalezených hnízd. Celkově nejvyužívanější rostlinou ke hnízdění byla růže šípková (23,36 %), dále trnka obecná (13,52 %), hloh (7,79 %), jabloň (6,97 %) a bez (*Sambucus sp.*, 6,56 %). U 15 hnízd (6,15 %) nebyl podklad zaznamenán (Obr.6). Výška hnízd se pohybovala v rozmezí od 0,21 m do 5 m ( $\bar{x} \pm SD = 1,875 \pm 0,968$  m, n = 230)



Obr.6: Nálezy hnízd s vejci i mláďaty tůňka obecného dle hnízdního podkladu v severovýchodních Čechách, jihovýchodních Čechách, středních Čechách, Břeclavsku a Českobudějovicku (NA = neznámý podklad)

### 3.2 Variabilita a faktory morfometrie vajec

Rozdělení průměrných délek, šířek, objemů a indexů sfericity ve snůšce se nelišilo od normálního rozdělení (Shapiro-Wilk test, všechna  $W = 0,9$ ,  $p > 0,26$ , Obr.7). Nejmenší zjištěná délka vejce byla 1,90 cm, nejdelší 2,58 cm. Nejmenší zaznamenaná šířka vejce byla 1,50 cm, největší 1,77 cm. Průměrná délka vejce byla  $\bar{x} \pm SD = 2,195 \pm 0,103$  cm ( $n = 77$ ), průměrná šířka vejce  $\bar{x} \pm SD = 1,649 \pm 0,047$  cm ( $n = 77$ ). Nejmenší zjištěný objem vejce byl 2,25 cm<sup>3</sup>, největší 3,885 cm<sup>3</sup>. Průměrný objem vajec byl  $\bar{x} \pm SD = 3,053 \pm 0,272$  cm<sup>3</sup> ( $n = 77$ ). Nejnižší zjištěný index sfericity měl hodnotu 66,16 %, naopak nejvyšší nabył hodnoty 85,496 %. Průměrný index sfericity byl  $\bar{x} \pm SD = 75,321 \pm 3,143$  % ( $n = 77$ )



Obr.7: Rozložení morfometrických charakteristik vajec ve snůškách tuhýka obecného v analyzovaném souboru

Mnohonásobná lineární regrese vlivu vybraných faktorů na délku vajec nebyla statisticky průkazná ( $F_{7, 68} = 1,34$ ,  $p = 0,25$ , Tabulka 1). Meziroční pokles průměrné délky vajec indikovaný výsledky mnohonásobné regrese se v modelu jednoduché lineární regrese nepotvrdil ( $\beta \pm SE = 0,000036 \pm 0,00146$ ,  $p = 0,98$ ,  $R^2 = 0,000008$ ).

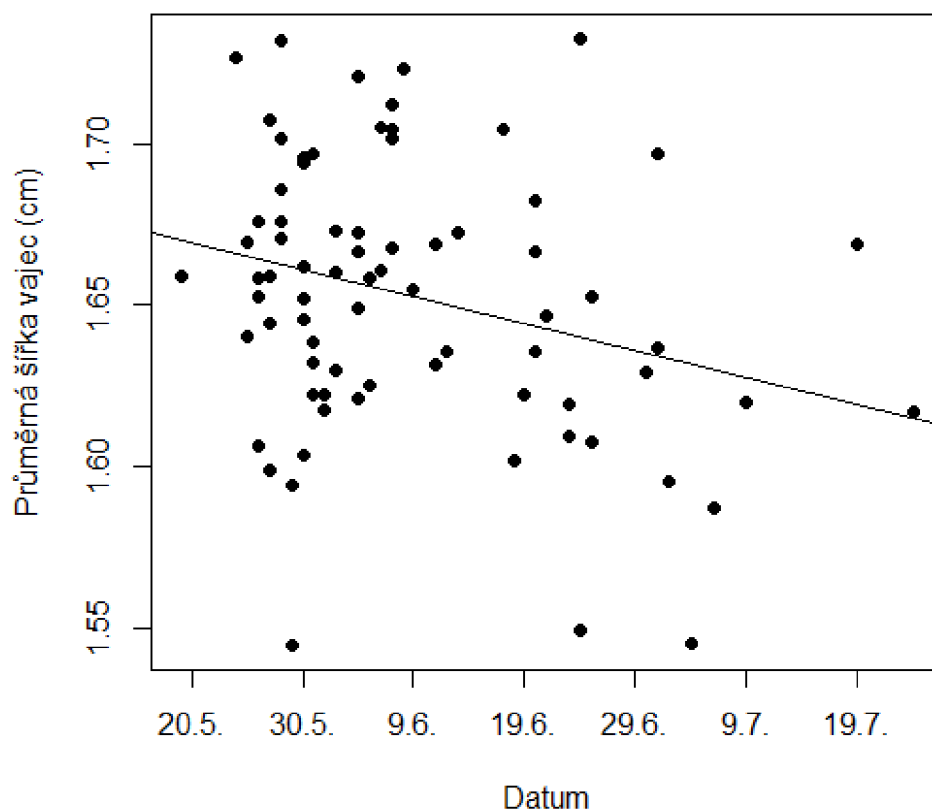
Mnohonásobná lineární regrese vlivu vybraných faktorů na šířku vajec nebyla statisticky průkazná ( $F_{7, 68} = 1,37$ ,  $p = 0,23$ , Tabulka 2). Indikovaný pokles průměrné šířky vajec ve snůšce během sezony (tj. negativní vliv Juliánského datumu) byl v modelu jednoduché lineární regrese na hladině významnosti 0,05 statisticky průkazný ( $\beta \pm SE = -0,00083 \pm 0,0033$ ,  $p = 0,015$ ,  $R^2 = 0,078$ ; obr. 8). Výsledek regrese ukazuje na zmenšování průměrné šířky vajec ve snůšce v průběhu hnízdní sezóny (Obr.8).

<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>CI</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Intercept	20,146	4,98 – 35,32	7,602	2,650	0,010
Rok	-0,005	-0,01 – 0,00	0,002	-2,121	0,038
Juliánské datum	-0,001	-0,00 – 0,00	0,001	-0,851	0,398
Oblast (SV)	-0,081	-0,44 – 0,28	0,180	-0,450	0,654
Zeměpisná délka	0,080	-0,02 – 0,18	0,048	1,667	0,100
Zeměpisná šířka	-0,189	-0,39 – 0,02	0,103	-1,830	0,072
Nadmořská výška	0,000	-0,00 – 0,00	0,000	0,512	0,611
Velikost snůšky	-0,007	-0,04 – 0,03	0,018	-0,415	0,679

Tabulka 1: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou délku vajec ve snůškách ťuhýka obecného z oologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>CI</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Intercept	1,506	-5,46 – 8,47	3,490e+00	0,432	0,667
Rok	-0,0003	-0,00 – 0,00	1,067e-03	-0,322	0,748
Juliánské datum	-0,001	-0,00 – 0,00	3,867e-04	-2,578	0,012
Oblast (SV)	-0,111	-0,28 – 0,05	8,241e-02	-1,350	0,181
Zeměpisná délka	0,032	-0,01 – 0,08	2,197e-02	1,473	0,145
Zeměpisná šířka	0,012	-0,08 – 0,11	4,736e-02	0,256	0,799
Nadmořská výška	-0,00004	-0,00 – 0,00	1,168e-04	-0,309	0,758
Velikost snůšky	-0,006	-0,02 – 0,01	8,031e-03	-0,704	0,484

Tabulka 2: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou šířku vajec ve snůškách ťuhýka obecného ze zoologické sbírky F. Mocka a Národního muzea



Obr.8: Závislost průměrné šířky vajec ve snůšce na dni nálezu z období 1920–1952 z oblastí severozápadních a jihovýchodních Čech ze sbírky F. Mocka a Národního muzea. Zobrazen je fit lineární regrese.

Mnohonásobná lineární regrese vlivu vybraných faktorů na objem vajec nebyla statisticky průkazná ( $F_{7, 68} = 1,10$ ,  $p = 0,37$ , Tabulka 3). Indikovaný pokles průměrného objemu vajec ve snůšce během sezony (tj. negativní vliv Juliánského datumu) nebyl v modelu jednoduché lineární regrese na hladině významnosti 0,05 statisticky průkazný ( $\beta \pm SE = -0,0031 \pm 0,002$ ,  $p = 0,13$ ,  $R^2 = 0,03$ ).

Mnohonásobná lineární regrese vlivu vybraných faktorů na index sfericity vajec nebyla statisticky průkazná ( $F_{7, 68} = 2,02$ ,  $p = 0,06$ , Tabulka 4). Indikovaný růst průměrného indexu sfericity vajec ve snůšce během let nebyl v modelu jednoduché lineární regrese na hladině významnosti 0,05 statisticky průkazný ( $\beta \pm SE = 0,017 \pm 0,04$ ,  $p = 0,69$ ,  $R^2 = 0,002$ ). Indikovaný růst průměrného indexu sfericity vajec se zvyšující se zeměpisnou šířkou nebyl v modelu jednoduché lineární regrese na hladině významnosti 0,05 statisticky průkazný ( $\beta \pm SE = 1,05 \pm 0,78$ ,  $p = 0,18$ ,  $R^2 = 0,02$ ).



<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>CI</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Intercept	27,59	-13,93 – 69,10	2,080e+01	1,326	0,189
Rok	-0,008	-0,02 – 0,00	6,359e-03	-1,266	0,210
Juliánské datum	-0,0004	-0,01 – 0,00	2,305e-03	-1,934	0,057
Oblast (SV)	-0,526	-1,51 – 0,45	4,912e-01	-1,070	0,288
Zeměpisná délka	0,231	-0,03 – 0,49	1,309e-01	1,762	0,083
Zeměpisná šířka	-0,223	-0,79 – 0,34	2,823e-01	-0,791	0,432
Nadmořská výška	0,000	-0,00 – 0,00	6,966e-04	0,002	0,998
Velikost snůšky	-0,029	-0,12 – 0,07	4,787e-02	-0,605	0,547

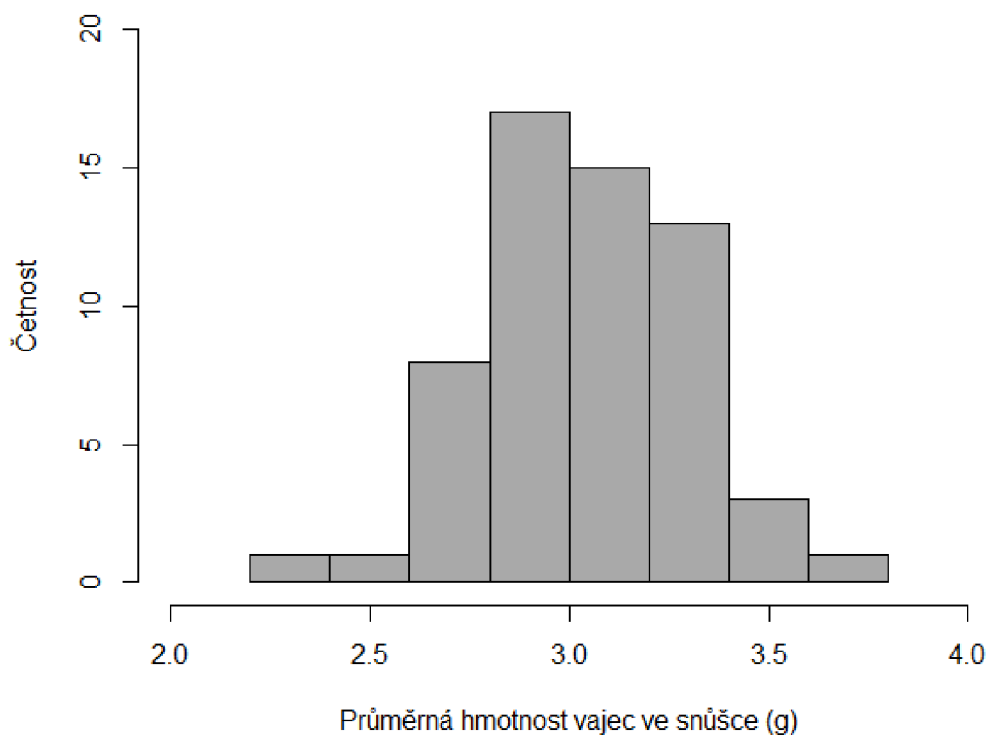
Tabulka 3: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrný objem vajec ve snůškách tůhýka obecného z oologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>CI</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Intercept	-537,3	-965,49 – -109,19	2,146e+02	-2,504	0,015
Rok	0,149	0,02 – 0,28	6,558e-02	2,267	0,027
Juliánské datum	-0,022	-0,07 – 0,03	2,378e-02	-0,936	0,352
Oblast (SV)	-2,361	-12,47 – 7,75	5,066e+00	-0,466	0,643
Zeměpisná délka	-1,29	-3,98 – 1,40	1,350e+00	-0,955	0,343
Zeměpisná šířka	7,04	1,23 – 12,85	2,912e+00	2,418	0,018
Nadmořská výška	-0,007	-0,02 – 0,01	7,184e-03	-0,948	0,347
Velikost snůšky	-0,009	-0,99 – 0,98	4,937e-01	-0,019	0,985

Tabulka 4: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrný index sfericity vajec ve snůškách tůhýka obecného z oologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

### 3.3 Analýza variability v hmotnosti vajec

Průměrná hmotnost vajec ve snůšce ve sbírce V. Tichého byla  $\bar{x} \pm SD = 3,04 \pm 0,27$  (n = 63). Nejnižší hmotnost zaznamenaná hmotnost vejce byla 2,217 g, nejvyšší 4,014 g (Obr.9). Rozdělení průměrných hmotností vajec ve snůšce se statisticky nelišilo od normálního rozdělení (Shapiro-Wilk W= 0,99, p = 0,87).



Obr.9: Rozložení průměrných hmotností vajec ve snůškách v analyzovaném souboru

Mnohonásobná lineární regrese vlivu vybraných faktorů na hmotnost vajec nebyla statisticky průkazná ( $F_{6, 52} = 1,23$ ,  $p = 0,31$ , Tabulka 5).

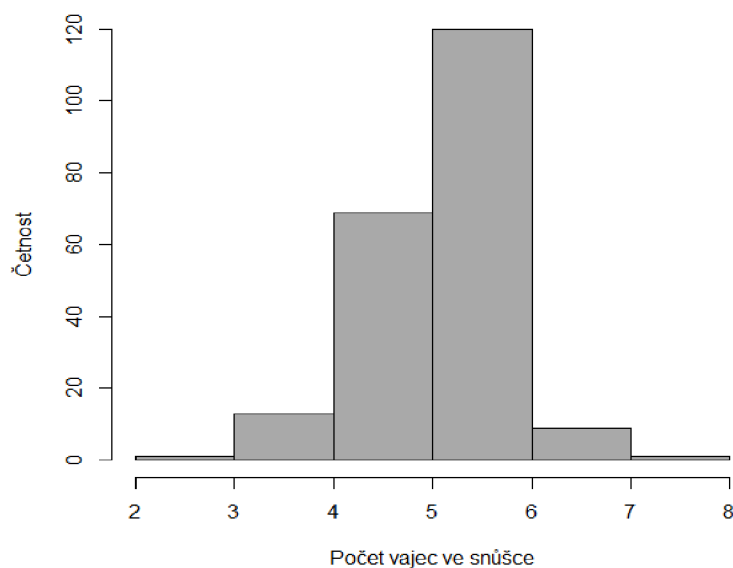
<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>CI</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>p</b>
Intercept	23,447	-65,49 – 112,39	44,324	0,529	0,599
Rok	-0,004	-0,03 – 0,02	0,012	-0,354	0,725
Juliánské datum	0,003	-0,00 – 0,01	0,004	0,808	0,423
Zeměpisná délka	1,553	-0,32 – 3,42	0,933	1,665	0,102
Zeměpisná šířka	-0,708	-1,72 – 0,30	0,505	-1,404	0,166
Nadmořská výška	0,001	-0,00 – 0,00	0,002	0,746	0,459
Velikost snůšky	-0,024	-0,11 – 0,06	0,043	-0,568	0,573

Tabulka 5: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou hmotnost vajec ve snůškách tůhýka obecného oologické sbírky V. Tichého

### 3.4 Variabilita a faktory velikosti snůšek

Průměrný počet vajec na snůšku v Mockově sbírce byl  $\bar{x} \pm SD = 5,78 \pm 0,51$  ( $n = 114$ ), ve sbírce Tichého  $\bar{x} \pm SD = 5,25 \pm 0,89$  ( $n = 63$ ) a ve sbírce Prázného  $\bar{x} \pm SD = 5,67 \pm 0,52$  ( $n = 6$ ). Průměrný počet vajec ve snůškách nacházejících se v depozitáři Národního muzea byl  $\bar{x} \pm SD = 5,58 \pm 0,84$  ( $n = 36$ , bez duplikátů F. Mocka).

Celkově byla průměrná velikost snůšky vajec v analyzovaném souboru  $\bar{x} \pm SD = 5,59 \pm 0,73$  ( $n = 213$ ). Snůšky s 5 a 6 vejci tvořily 88,73 % všech snůšek z analyzovaného souboru (Obr.10).



Obr.10: Četnost zastoupení velikostí snůšek t'uhýka obecného ve sbírkách F. Mocka, R. Prázného a V. Tichého

Poissonova regrese neprokázala vliv žádného z testovaných faktorů na velikost snůšky (Tabulka 6).

<b>Faktor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>Incidence</b>	<b>Std. Error</b>	<b>z value</b>	<b>p</b>
<b>Rate Ratios</b>					
Intercept	0,141	1,15	17,576	0,008	0,994
Soubor (Prázný)	-0,036	0,96	0,231	-0,156	0,876
Soubor (Tichý)	-0,146	0,86	0,342	-0,425	0,670
Rok	0,001	1,00	0,005	0,143	0,886
Juliánské datum	-0,004	1,00	0,002	-1,496	0,135
Zeměpisná délka	0,021	1,02	0,239	0,087	0,931
Zeměpisná šířka	-0,018	0,98	0,076	-0,241	0,809
Nadmořská výška	0,000	1,00	0,001	0,193	0,847

Tabulka 6: Výsledky Poissonovy regrese vlivu vybraných faktorů na velikost snůšky t'uhýka obecného z období 1919–2003 ze sbírek F. Mocka, R. Prázného, V. Tichého a Národního muzea

## 4 Diskuse

V praktické části bakalářské práce jsem se věnovala popisu a analýze časoprostorové variability ve velikosti snůšky a morfometrických charakteristikách vajec tůhýka obecného na základě historických záznamů a vlastního měření vajec oologické sbírky Národního muzea.

Preference hnízdních podkladů tůhýka obecného vykazují značnou regionální variabilitu v rámci Evropy. V mém souboru dat byla nejpreferovanějším hnízdním podkladem růže šípková s 23,36 % hnízd, následovaná trnkou obecnou s 13,52 % a hlohem s 7,79 %. Tyto výsledky se liší od studie Tryjanowského a kol. (2000) ze západního Polska, kde byl nejčastějším hnízdním podkladem bez černý (*Sambucus nigra*) s 26,5 % hnízd, následovaný hlohem (17,8 %) a růží šípkovou (10,8 %). Další odlišnosti lze pozorovat ve studii Horvatha a kol. (2000) z Maďarska, kde dominovala trnka obecná (21,8 %), následovaná svídou (17,7 %) a vrbami (15,9 %). Přestože se pořadí a procentuální zastoupení liší, růže šípková, trnka obecná, hloh a bez se objevují jako důležité hnízdní podklady ve všech třech studiích. Tyto rozdíly pravděpodobně odráží lokální dostupnost různých druhů rostlin, specifické podmínky prostředí nebo odlišné preference tůhýků v různých částech jejich areálu.

Provedené analýzy ukázaly, že většina zkoumaných charakteristik vajec tůhýka obecného, ani velikost snůšky nevykazovaly statisticky významné vztahy s testovanými faktory. Ačkoli mnohonásobné lineární regrese naznačovaly určité trendy, jako meziroční pokles délky vajec, zmenšování objemu vajec v průběhu hnízdní sezóny nebo růst indexu sfericity v průběhu let a se zvyšující se zeměpisnou šířkou, tyto trendy se neprokázaly jako statisticky průkazné. Jediným statisticky průkazným vztahem byl vliv dne nálezů snůšky (Juliánské datum) na šířku vajec, kdy se průměrná šířka vajec ve snůšce zmenšovala v průběhu hnízdní sezóny. Tento vztah v modelu jednoduché lineární regrese však vysvětlil pouze 7,8 % variability v šířce vajec, což naznačuje, že většina variability je způsobena jinými, v této práci nesledovanými faktory.

Zajímavým zjištěním bylo, že jedno z vajec vážící 4,014 g překročilo maximální hmotnost uváděnou v literatuře (Šťastný, 2011), což poukazuje na možnou variabilitu přesahující dosud známé hodnoty. Mé výsledky celkově poukazují na relativní stabilitu morfometrických charakteristik vajec a velikosti snůšky ťuhýka obecného ve sledovaných časových obdobích a oblastech, s výjimkou mírného sezónního trendu v šířce vajec v závislosti na uvažovaných faktorech.

Stabilita morfometrických charakteristik vajec napříč roky může naznačovat relativně stabilní podmínky ve studovaných oblastech. Pro srovnání můžeme použít dlouhodobou studii variability vajec v závislosti na teplotě u ťuhýka obecného, kterou provedli Tryjanowski a kol. (2004) v letech 1971–2002. Výsledky jejich studie ukázaly zmenšování objemu vajec v průběhu let. Velikost snůšky se stejně jako v mé analýze během let neměnila.

Vliv dne nálezů snůšky během sezony se projevil pouze u šířky vajec, kdy se šířka zmenšovala v průběhu hnízdní sezóny. Nenašla jsem žádnou studii zkoumající rozměry vajec ťuhýka obecného, se kterou bych tento konkrétní výsledek mohla porovnat. Potti (1993) studoval variabilitu v morfometrii vajec lejska černohlavého, u kterého se ale šířka vajec v závislosti na datu snesení neměnila. Trend zmenšování šířky vajec by mohl souviset se zhoršující se kondicí samic nebo změnami v dostupnosti potravy během hnízdního období.

Tato práce nezjistila statisticky významné geografické rozdíly ve velikosti vajec nebo snůšek ťuhýka obecného mezi různými oblastmi České republiky. Tento výsledek kontrastuje s některými předchozími studii, jako je například práce Baňbury a kol. (2018), která zaznamenala dlouhodobé rozdíly ve velikosti a tvaru vajec mezi dvěma blízkými populacemi sýkory modřinky. Banbura a kol. (2018) zjistili, že vejce v městském parku měla v průměru větší objem a byla méně sférická než vejce v lesním prostředí, což přisuzovali rozdílům v dostupnosti potravy a zejména vápníku. Absence výrazných geografických rozdílů v mém výzkumu může naznačovat, že podmínky pro hnízdění ťuhýka obecného jsou v rámci studované oblasti relativně homogenní, nebo že tento druh je schopen efektivně se přizpůsobit místním podmínkám bez výrazných změn ve velikosti vajec či snůšek. Je však třeba

vzít v úvahu, že tato práce se zaměřovala pouze na geografické oblasti v rámci jedné země, zatímco studie zahrnující větší geografické rozpětí by mohly odhalit výraznější trendy.

Výsledky analýzy nenaznačují významný vliv nadmořské výšky na charakteristiky vajec a snůšek tůhýka obecného. To se liší od zjištění jiných výzkumů, věnujících se vlivu nadmořské výšky na snůšky jiných druhů pěvců. Například Johnson a kol. (2018) pozorovali u vlaštovky stromové (*Tachycineta bicolor*) ve vyšších nadmořských výškách pozdější začátek hnízdění, menší snůšky a mírně menší vejce. Lu a kol. (2010) zjistili u rehka bělobřichého (*Luscinia phaenicuroides*) pozitivní korelaci mezi hmotností vajec a nadmořskou výškou, zatímco Johnson a kol. (2006) pozorovali u salašníka horského (*Sialia currucoides*) zmenšování vajec a zmenšování snůšek s rostoucí nadmořskou výškou. Je nutné podotknout, že uvedené studie zkoumaly vliv vyšších nadmořských výšek než moje bakalářská práce. Domnívám se, že ve studovaném území nebyl dostatečný rozsah nadmořských výšek pro vyvolání změn v morfometrii nebo počtu vajec.

Výsledky neukazují významný vztah mezi velikostí snůšky a charakteristikami vajec. Podle teorie životních strategií by ale měl nastat trade-off mezi počtem a velikostí vajec (Stearns, 1992). Tento kompromis byl popsán například ve studii Martina a kol. (2006) nebo Williamse (2001). Na druhou stranu, Encabo a kol. (2002) ve studii sýkory koňadry nezjistili žádný významný vztah mezi velikostí snůšky a velikostí vajec, kromě zeměpisných šířek mezi 40° a 51°, kde existovala negativní korelace. Absence vztahu mezi velikostí a počtem vajec ve snůšce ve výsledcích může naznačovat, že tůhýci na zkoumaném území nemuseli čelit výraznému kompromisu mezi počtem a kvalitou potomků.

Je třeba zdůraznit, že i když analyzované rozměry vajec tůhýka obecného se jeví jako stabilní v čase a prostoru, neznamená to nutně, že se reprodukční úsilí tohoto druhu neměnilo. Velikost vejce totiž nemusí striktně odrážet jeho obsah nebo kvalitu. Reprodukční úsilí může být ovlivněno i jinými faktory, které nejsou zachyceny pouhým měřením vnějších rozměrů vajec. Ptáci mohou upravovat své reprodukční úsilí změnou složení vejce při zachování jeho velikosti. To může zahrnovat zvýšení

množství žloutku (Török a kol. (2004). Takové změny by mohly představovat významné investice do reprodukce, aniž by se projevíly na vnějších rozměrech vajec.

Tento fenomén byl pozorován i u jiných druhů ptáků. Například studie Töröka a kol. (2004) ukázala, že kukačka obecná (*Cuculus canorus*) klade vejce s větším žloutkem než její hostitel, rákosník velký (*Acrocephalus arundinaceus*), přestože celková velikost vajec se výrazně neliší. To naznačuje, že kukačka investuje více do výživy svého potomstva, aniž by nutně zvětšovala celkovou velikost vejce. Tato strategie může být adaptivní, protože umožňuje kukaččím mlád'atům lépe konkurovat s mlád'aty hostitele.

Je důležité poznamenat, že velikost vzorku dat použitých v této práci byla relativně malá, zejména ve srovnání s rozsáhlejšími výzkumy, jako je například studie Bańbury a kol. (2018). Tento omezený rozsah dat mohl významně ovlivnit výsledky analýzy. Menší vzorek může omezit schopnost detekovat jemné rozdíly nebo změny v parametrech vajec ťuhýka obecného, přičemž k odhalení subtilních trendů je obecně zapotřebí větší datový soubor. V důsledku toho je možné, že některé menší rozdíly nebo postupné změny v charakteristikách vajec skutečně existují, ale analyzovaný vzorek dat nemusel být dostatečně velký k jejich spolehlivé detekci. Proto je třeba interpretovat výsledky této práce s určitou opatrností, zejména v případech, kdy nebyly zjištěny žádné významné rozdíly nebo trendy.



## Závěr

Tato bakalářská práce zkoumala časoprostorovou variabilitu reprodukčního úsilí ťuhýka obecného (*Lanius collurio*) v České republice, přičemž využívala vzácná historická data z první poloviny 20. století a z konce 20. a začátku 21. století získaná z autorských terénních zápisníků a sbírky Národního muzea. Využití těchto historických dat umožnilo jedinečné srovnání reprodukčních charakteristik ťuhýka obecného v průběhu téměř století.

Výsledky práce odhalily pozoruhodnou stabilitu většiny zkoumaných charakteristik vajec a velikosti snůšky napříč studovanými obdobími. Jediným statisticky významným vztahem byl mírný pokles šířky vajec v průběhu hnízdní sezóny v první polovině 20. století, ačkoli tento trend vysvětlil pouze malou část celkové variability. Tato zjištění naznačují, že reprodukční charakteristiky ťuhýka obecného byly relativně odolné vůči změnám v prostředí během sledovaného období. To může poukazovat na určitou adaptabilitu druhu v kontextu reprodukčního úsilí.

Je třeba poznamenat, že práce má určitá omezení, především v podobě nerovnoměrného časového a geografického rozložení dat a relativně malého vzorku, zejména pro některá období. Přesto poskytuje cenný historický kontext, což může sloužit jako výchozí bod pro budoucí studie zaměřené na dlouhodobé trendy v reprodukčním úsilí ptáků. Pro budoucí výzkum doporučuji pokusit se získat další historické údaje o snůškách ťuhýka obecného z muzejních nebo soukromých sbírek, zahrnutí dalších environmentálních proměnných do analýzy údajů a pokračování ve sběru současných dat. To by mohlo pomoci lépe vysvětlit variabilitu v charakteristikách vajec a poskytnout komplexnější pohled na dlouhodobé trendy.

Závěrem lze říci, že tato práce využívající historická data přispívá k rozšíření našich znalostí o reprodukčním úsilí ťuhýka obecného v dlouhodobém historickém kontextu. Pozorovaná stabilita reprodukčních charakteristik zdůrazňuje důležitost dlouhodobého monitoringu pro detekci případných budoucích změn v reakci na měnící se podmínky prostředí. Zároveň tato práce poukazuje na hodnotu historických dat o reprodukci ptáků pro výzkum a ochranu druhů.

### **Seznam obrázků:**

Obr.1: Ukázka ze zápisníku Ing. Františka Mocka obsahuje pro každou snůšku identifikační číslo ve sbírce, datum nálezu, název nejbližší obce, popis lokality nálezu, počet vajec/mlád'at a jejich stav, rozměry vajec a doplňující informace o nálezci hnízda

Obr.2: Nálezy hnízd s vejci i mlád'aty t'uhýka obecného podle sběratelů v průběhu let

Obr.3: Mapa nálezů snůšek podle sběratelů (autor Jan Hušek)

Obr.4: Vztah naměřených hodnot a) délky a b) šířky vajec t'uhýka obecného ve sbírce Národního muzea mezi dvěma měřiteli

Obr.5: Výskyt hnízd s vejci i mlád'aty t'uhýka obecného podle nadmořské výšky (m n.m.)

Obr.6: Podklad hnízd s vejci i mlád'aty t'uhýka obecného v severovýchodních Čechách, jihovýchodních Čechách, středních Čechách, Břeclavsku a Českobudějovicku (NA = neznámý podklad)

Obr.7: Rozložení průměrných rozměrů vajec ve snůšce v analyzovaném souboru

Obr.8: Závislost průměrné šířky vajec ve snůšce na dni nálezu. Zobrazen je fit lineární regrese.

Obr.9: Rozložení průměrných hmotností snůšek v analyzovaném souboru

Obr.10: Četnost zastoupení velikostí snůšek t'uhýka obecného ve sbírkách F. Mocka, R. Prázného a V. Tichého

### **Seznam tabulek**

Tabulka 1: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou délku vajec ve snůškách t'uhýka obecného ze zoologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

Tabulka 2: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou šířku vajec ve snůškách t'uhýka obecného ze zoologické sbírky F. Mocka a Národního muze

Tabulka 3: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrný objem vajec ve snůškách t'uhýka obecného ze zoologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

Tabulka 4: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrný index sfericity vajec ve snůškách tůhýka obecného ze zoologické sbírky F. Mocka a Národního muzea

Tabulka 5: Výsledky mnohonásobné lineární regrese vlivu vybraných faktorů na průměrnou hmotnost vajec ve snůškách tůhýka obecného ze zoologické sbírky V. Tichého

Tabulka 6: Výsledky Poissonovy regrese vlivu vybraných faktorů na velikost snůšky tůhýka obecného

## Seznam zdrojů

1. AHO, Ken A. *Foundational and Applied Statistics for Biologists Using R*. Boca Raton, USA: CRC Press, 2014. ISBN\_978-1032477411
2. ALICE BOYLE, W.; SANDERCOCK, Brett K. a MARTIN, Kathy. Patterns and drivers of intraspecific variation in avian life history along elevational gradients: a meta-analysis. Online. *Biological Reviews*. 2016, roč. 91, č. 2, s. 469-482. ISSN 1464-7931. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/brv.12180>. [citováno 2024-05-26].
3. ASHMOLE, N. P. THE REGULATION OF NUMBERS OF TROPICAL OCEANIC BIRDS. Online. *Ibis*. 1963, roč. 103b, č. 3, s. 458-473. ISSN 0019-1019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1963.tb06766.x>. [citováno 2024-07-18].
4. BADYAEV, Alexander V. a GHALAMBOR, Cameron K. Evolution of Life Histories along Elevational Gradients: Trade-Off between Parental Care and Fecundity. Online. *Ecology*. 2001, roč. 82, č. 10. ISSN 00129658. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/2679973>. [citováno 2024-05-22].
5. BALASUBRAMANIAM, Priya; ROTENBERRY, John T. a MEIRI, Shai. Elevation and latitude interact to drive life-history variation in precocial birds: a comparative analysis using galliformes. Online. *Journal of Animal Ecology*. 2016, roč. 85, č. 6, s. 1528-1539. ISSN 0021-8790. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12570>. [citováno 2024-06-01].
6. BAŃBURA, Mirosława; GŁADALSKI, Michał; KALIŃSKI, Adam; MARKOWSKI, Marcin; SKWARSKA, Joanna et al. A consistent long-lasting pattern of spatial variation in egg size and shape in blue tits (*Cyanistes caeruleus*). Online. *Frontiers in Zoology*. 2018, roč. 15, č. 1. ISSN 1742-9994. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12983-018-0279-4>. [citováno 2024-05-26].

7. BARRIONUEVO, Melina a FRERE, Esteban. Parental investment in eggs and its effect on nestling growth and survival in Magellanic Penguins. Online. *Emu - Austral Ornithology*. 2016, roč. 114, č. 3, s. 259-267. ISSN 0158-4197. Dostupné z: <https://doi.org/10.1071/MU13067>. [citováno 2024-07-18].
8. BEARS, H.; MARTIN, K. a WHITE, G. C. Breeding in high-elevation habitat results in shift to slower life-history strategy within a single species. Online. *Journal of Animal Ecology*. 2009, roč. 78, č. 2, s. 365-375. ISSN 0021-8790. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01491.x>. [citováno 2024-05-24].
9. BERNARDO, Joseph. Maternal Effects in Animal Ecology. Online. *American Zoologist*. 1996(a), roč. 36, č. 2, s. 83-105. ISSN 0003-1569. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/icb/36.2.83>. [citováno 2024-06-20].
10. BERNARDO, Joseph. *The particular maternal effect of propagule size, especially egg size: patterns, models, quality of evidence and interpretations*. Online. *American Zoologist*, 1996(b), roč. 36, č. 2, s. 216-236. ISSN 0003-1569. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/icb/36.2.216>. [citováno 2024-06-20].
11. BOTH, Christiaan; BOUWHUIS, Sandra; LESSELLS, C. M. a VISSER, Marcel E. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. Online. *Nature*. 2006, roč. 441, č. 7089, s. 81-83. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/nature04539>. [citováno 2024-05-24].
12. COOPER, Caren B.; HOCHACHKA, Wesley M.; BUTCHER, Greg a DHONDT, André A. SEASONAL AND LATITUDINAL TRENDS IN CLUTCH SIZE: THERMAL CONSTRAINTS DURING LAYING AND INCUBATION. Online. *Ecology*. 2005, roč. 86, č. 8, s. 2018-2031. ISSN 0012-9658. Dostupné z: <https://doi.org/10.1890/03-8028>. [citováno 2024-04-29].
13. DHONDT, André A.; KAST, Tracey L. a ALLEN, Paul E. Geographical differences in seasonal clutch size variation in multi-brooded bird species. Online. *Ibis*. 2002, roč. 144, č. 4, s. 646-651. ISSN 0019-1019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1046/j.1474-919X.2002.00103.x>. [citováno 2024-06-07].
14. DILLON, Kristen G; CONWAY, Courtney J a SKELHORN, John. Nest predation risk explains variation in avian clutch size. Online. *Behavioral Ecology*. 2018, roč. 29, č. 2, s. 301-311. ISSN 1045-2249. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/beheco/arx130>. [citováno 2024-06-03].

15. DRENT, R. a DAAN, Serge. The prudent parent: adjustments in avian breeding. Online. *Ardea*, 1980, roč. 68, s. 225-252. Dostupný z: DOI: [10.5253/arde.v68.p225](https://doi.org/10.5253/arde.v68.p225). [citováno 2024-06-16].
16. DUNN, Peter O. a WINKLER, David. (2010). Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. Online. *Oxford University Press*, 2010, s. 113-128. Dostupný z: [https://www.researchgate.net/publication/236247004\\_Effects\\_of\\_climate\\_change\\_on\\_timing\\_of\\_breeding\\_and\\_reproductive\\_success\\_in\\_birds](https://www.researchgate.net/publication/236247004_Effects_of_climate_change_on_timing_of_breeding_and_reproductive_success_in_birds). [citováno 2024-05-20].
17. ENCABO, Silvio I.; BARBA, Emilio; GIL-DELGADO, Jose A. a MONRÓS, Juan S. Geographical variation in egg size of the Great Tit *Parus major*: a new perspective. Online. *Ibis*. 2002, roč. 144, č. 4, s. 623-631. ISSN 0019-1019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1046/j.1474-919X.2002.00099.x>. [citováno 2024-076-08].
18. ERIKSTAD, Kjell Einar; BUSTNES, Jan Ove a MOUM, Truls. Clutch-Size Determination in Precocial Birds: A Study of the Common Eider. Online. *The Auk*. 1993, roč. 110, č. 3, s. 623-628. ISSN 00048038. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/4088426>. [citováno 2024-06-01].
19. EVANS, Karl L.; LEECH, David I.; CRICK, Humphrey Q.P.; GREENWOOD, Jeremy J.D. a GASTON, Kevin J. Latitudinal and seasonal patterns in clutch size of some single-brooded British birds. Online. *Bird Study*. 2009, roč. 56, č. 1, s. 75-85. ISSN 0006-3657. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00063650802648291>. [citováno 2024-05-25].
20. GOLAWSKI, Artur a GOLAWSKA, Sylwia. Delayed egg-laying in Red-backed Shrike *Lanius collurio* in relation to increased rainfall in east-central Poland. Online. *International Journal of Biometeorology*. 2023, roč. 67, č. 4, s. 717-724. ISSN 0020-7128. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02450-2>. [citováno 2024-06-2].
21. GRIEBELER, E. M.; CAPRANO, T. a BÖHNING-GAESE, K. Evolution of avian clutch size along latitudinal gradients: do seasonality, nest predation or breeding season length matter? Online. *Journal of Evolutionary Biology*. 2010, roč. 23, č. 5, s. 888-901. ISSN 1010-061X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.01958.x>. [citováno 2024-06-10].

22. HALUPKA, Lucyna; ARLT, Debora; TOLVANEN, Jere; MILLON, Alexandre; BIZE, Pierre et al. The effect of climate change on avian offspring production: A global meta-analysis. Online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2023, roč. 120, č. 19. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.2208389120>. [citováno 2024-05-06].
23. HARRIS, Tony a Franklin, Kim. *Shrikes and Bush-Shrikes*. Christopher Helm, London, 2000. ISBN 10: 0713638613
24. HIPFNER, Mark J.; GASTON, Anthony J. a STOREY, Anne E. Nest-site safety predicts the relative investment made in first and replacement eggs by two long-lived seabirds. Online. *Oecologia*. 2001, roč. 129, č. 2, s. 234-242. ISSN 0029-8549. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s004420100731>. [citováno 2024-06-01]
25. HOPE, Sydney F.; DURANT, Sarah E.; HALLAGAN, John J.; BECK, Michelle L.; KENNAMER, Robert A. et al. Incubation temperature as a constraint on clutch size evolution. Online. *Functional Ecology*. 2021, roč. 35, č. 4, s. 909-919. ISSN 0269-8463. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13764>. [citováno 2024-0-06].
26. HIRSHFIELD, M F a TINKLE, D W. Natural selection and the evolution of reproductive effort. Online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1975, roč. 72, č. 6, s. 2227-2231. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.72.6.2227>. [citováno 2024-05-10].
27. HÕRAK, Peeter; MÄND, Raivo; OTS, I. a LEIVITS, Agu. Egg size in the great tit *Parus major*: individual, habitat and geographic differences. Online. *Ornis Fennica*. 1995, roč. 72, č. 3, s. 97-114. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/316934170\\_Egg\\_size\\_in\\_the\\_great\\_tit\\_Parus\\_major\\_individual\\_habitat\\_and\\_geographic\\_differences](https://www.researchgate.net/publication/316934170_Egg_size_in_the_great_tit_Parus_major_individual_habitat_and_geographic_differences). [citováno 2024-05-13].
28. HORVATH, Robert; FARKAS, Roland and YOSEF, Reuven. Nesting ecology of the red-backed shrike (*Lanius collurio*) in northeastern Hungary. Online. *Ring*. 2000, roč. 22, s.127-132. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/347522205\\_NESTING\\_ECOLOGY\\_OF\\_THE\\_RED-BACKED\\_SHRIKE\\_Lanius\\_collurio\\_IN\\_NORTHEASTERN\\_HUNGARY](https://www.researchgate.net/publication/347522205_NESTING_ECOLOGY_OF_THE_RED-BACKED_SHRIKE_Lanius_collurio_IN_NORTHEASTERN_HUNGARY). [citováno 2024-05-15].
29. HOYT, Donald F. The Effect of Shape on the Surface-Volume Relationships of Birds' Eggs. Online. *The Condor*, 1976, roč. 78, č. 3, s. 343-349. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/1367694>. [citováno 2024-05-28].



30. Hudec, Karel. *Ornitologové České republiky*. Přerov: Muzeum Komenského v Přerově, 1999. ISBN 80-902623-1-7.
31. HUŠEK, Jan. Ornitologická sbírka otce a syna Václavů Tichých: zásadní přírůstek Národního muzea. Online. *Journal of the National Museum (Prague), Natural History Series*. 2020, roč. 189, č. 1, s. 173-176. ISSN 1802-6850. Dostupné z: <https://doi.org/10.37520/jnmpnhs.2020.011>. [citováno 2024-07-2].
32. HUŠEK, Jan, MATTAS, Michael. František Mocek a jeho život plný ptačí krásy. Online. *Živa*. Praha: Academia. 2020, č. 4. Dostupný z: <https://ziva.avcr.cz/2020-4/> [citováno 2024-05-25].
33. CHINSAMY, Anusuya; ANGST, Delphine; CANOVILLE, Aurore a GÖHLICH, Ursula B. Bone histology yields insights into the biology of the extinct elephant birds (Aepyornithidae) from Madagascar. Online. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2020, roč. 130, č. 2, s. 268-295. ISSN 0024-4066. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa013>. [citováno 2024-04-18].
34. JOHNSON, L. Scott; OSTLIND, Emilene; BRUBAKER, Jessica L.; BALENGER, Susan L.; JOHNSON, Bonnie G. P. et al. Changes in Egg Size and Clutch Size with Elevation in a Wyoming Population of Mountain Bluebirds. Online. *The Condor*. 2006, roč. 108, č. 3, s. 591-600. ISSN 0010-5422. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/condor/108.3.591>. [citováno 2024-04-21].
35. JOHNSON, L. Scott; ISER, Katherine M.; MOLNAR, Haley A.; NGUYEN, Andre V. a CONNOR, Chelsea L. Clutch and egg size of Tree Swallows along an elevational gradient. Online. *Journal of Field Ornithology*. 2018, roč. 89, č. 3, s. 234-241. ISSN 02738570. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jofo.12262>. [citováno 2024-05-11].
36. JETZ, Walter; SEKERCIOGLU, Cagan H; BÖHNING-GAESE, Katrin a SHELDON, Ben. The Worldwide Variation in Avian Clutch Size across Species and Space. Online. *PLoS Biology*. 2008, roč. 6, č. 12. ISSN 1545-7885. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060303>. [citováno 2024-06-12].
37. KHANNA, D. R. a YADAV, P. R. *Biology of Birds*. New Delhi: Discovery Publishing House, 2005. ISBN 81-7141-933-X.
38. KIRKPATRICK, Mark a LANDE, Russell. THE EVOLUTION OF MATERNAL CHARACTERS. Online. *Evolution*. 1989, roč. 43, č. 3, s. 485-503. ISSN 00143820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1989.tb04247.x>. [citováno 2024-06-18].

39. KLAASSEN, M.; ABRAHAM, K.F.; JEFFERIES, R.L. a VRTISKA, M. Factors affecting the site of investment, and the reliance on savings for arctic breeders: the capital-income dichotomy revisited. Online. *Ardea*, 2006, roč. 94, č. 3, s. 371–384.  
Dostupný z: [https://www.researchgate.net/publication/279628333\\_Factors\\_affecting\\_the\\_site\\_of\\_investment\\_and\\_the\\_reliance\\_on\\_savings\\_for\\_arctic\\_breeders\\_The\\_capital-income\\_dichotomy\\_revisited](https://www.researchgate.net/publication/279628333_Factors_affecting_the_site_of_investment_and_the_reliance_on_savings_for_arctic_breeders_The_capital-income_dichotomy_revisited). [citováno 2024-06-13].
40. LACK, David Lambert. *The natural regulation of animal numbers*. Online. Oxford: Oxford University Press, 1954. Dostupné z: <https://archive.org/details/naturalregulatio0000lack/page/24/mode/2up>. [citováno 2024-07-10].
41. LANGIN, K.M.; NORRIS, D.R.; KYSER, T.K.; MARRA, P.P. a RATCLIFFE, L.M. Capital versus income breeding in a migratory passerine bird: evidence from stable-carbon isotopes. Online. *Canadian Journal of Zoology*. 2006, roč. 84, č. 7, s. 947-953. ISSN 0008-4301. Dostupné z: <https://doi.org/10.1139/z06-080>. [citováno 2024-05-02].
42. LEPAGE, Denis; GAUTHIER, Gilles a DESROCHERS, Andre. Larger Clutch Size Increases Fledging Success and Offspring Quality in a Precocial Species. Online. *Journal of Animal Ecology*, 1998, roč. 67, č. 2, s. 210-216. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/2647489>. [citováno 2024-06-24].
43. LU, Xin; YU, Tonglei; LIANG, Wei a YANG, Canchao. Comparative breeding ecology of two White-bellied Redstart populations at different altitudes. Online. *Journal of Field Ornithology*. 2010, roč. 81, č. 2, s. 167-175. ISSN 02738570. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2010.00274.x>. [citováno 2024-04-09].
44. MacARTHUR, R. H., a WILSON, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton. Univ. Press, Princeton, 1967, ISBN:9780691088365
45. MARTIN, Thomas E. Avian Life-History Evolution has an Eminent Past: Does it Have a Bright Future? Online. *The Auk*. 2004, roč. 121, č. 2, s. 289-301. ISSN 1938-4254. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/auk/121.2.289>. [citováno 2024-05-18].



46. MARTIN, Thomas E.; BASSAR, R. D.; BASSAR, S. K.; FONTAINE, J. J.; LLOYD, P. et al. LIFE-HISTORY AND ECOLOGICAL CORRELATES OF GEOGRAPHIC VARIATION IN EGG AND CLUTCH MASS AMONG PASSERINE SPECIES. Online. *Evolution*. 2006, roč. 60, č. 2, s. 390-398. ISSN 0014-3820. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01115.x>. [citováno 2024-06-21].
47. MLÍKOVSKÝ, Jiří. Egg size in birds of southern Bohemia: an analysis of Rudolf Prázný's collection. Online. *Sylvia*, 2006, č. 42, s. 12–116. Dostupné z: [sylvia42-9Mlikovsky.pdf \(birdlife.cz\)](https://birdlife.cz/sylvia42-9Mlikovsky.pdf). [citováno 2024-07-02].
48. NAGY, Laura R.; HOLMES, Richard T. To Double-Brood or Not? Individual Variation in the Reproductive Effort in Black-Throated Blue Warblers (*Dendroica caerulescens*). *The Auk*. 2005, roč. 122, č. 3, s. 902–914. ISSN 1938-4254. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/4090595>. [citováno 2024-05-10]
49. PERRINS, C. M. a MOSS, D. SURVIVAL OF YOUNG GREAT TITS IN RELATION TO AGE OF FEMALE PARENT. Online. *Ibis*. 1974, roč. 116, č. 2, s. 220-224. ISSN 0019-1019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1974.tb00242.x>. [citováno 2024-06-10].
50. POTTI, Jaime. Environmental, ontogenetic, and genetic variation in egg size of Pied Flycatchers. Online. *Canadian Journal of Zoology*. 1993, roč. 71, č. 8, s. 1534-1542. ISSN 0008-4301. Dostupné z: <https://doi.org/10.1139/z93-217>. [citováno 2024-05-17].
51. REID, J.M; MONAGHAN, P a RUXTON, G.D. Resource allocation between reproductive phases: the importance of thermal conditions in determining the cost of incubation. Online. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2000, roč. 267, č. 1438, s. 37-41. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.0963>. [citováno 2024-06-17].
52. REZNICK, David; BRYANT, Michael J. a BASHEY, Farrah. R - AND K -SELECTION REVISITED: THE ROLE OF POPULATION REGULATION IN LIFE-HISTORY EVOLUTION. Online. *Ecology*. 2002, roč. 83, č. 6, s. 1509-1520. ISSN 0012-9658. Dostupné z: [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1509:RAKSRT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1509:RAKSRT]2.0.CO;2). [citováno 2024-05-18].
53. RICKLEFS, Robert E. Geographical Variation in Clutch Size among Passerine Birds: Ashmole's Hypothesis. Online. *The Auk*. 1980, roč. 97, č. 1, s. 38-49. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/auk/97.1.38>. [citováno 2024-05-26].

54. RICKLEFS, Robert E. Lack, Skutch, and Moreau: The Early Development of Life-History Thinking. Online. *The Condor*. 2000, roč. 102, č. 1, s. 3-8. ISSN 0010-5422. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/condor/102.1.3>. [citováno 2024-05-20].
55. SANDBERG, Roland a MOORE, Frank R. Fat Stores and Arrival on the Breeding Grounds: Reproductive Consequences for Passerine Migrants. Online. *Oikos*. 1996, roč. 77, č. 3. ISSN 00301299. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/3545949>. [citováno 2024-05-11].
56. SANZ, JUAN JOSÉ. Does daylength explain the latitudinal variation in clutch size of Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca*? Online. *Ibis*. 1999, roč. 141, č. 1, s. 100-108. ISSN 0019-1019. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1999.tb04268.x>. [citováno 2024-05-18].
57. SCHMITT, C. Jonathan a EDWARDS, Scott V. Passerine birds. Online. *Current Biology*. 2022, roč. 32, č. 20, s. R1149-R1154. ISSN 09609822. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.08.061>. [citováno 2024-04-19].
58. SIBLY, Richard M.; WITT, Christopher C.; WRIGHT, Natalie A.; VENDITTI, Chris; JETZ, Walter et al. Energetics, lifestyle, and reproduction in birds. Online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012, roč. 109, č. 27, s. 10937-10941. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1206512109>. [citováno 2024-06-12].
59. SLAGSVOLD, Tore; SANDVIK, Jostein; ROFSTAD, Gunnar; LORENTSEN, Øystein a HUSBY, Magne. On the Adaptive Value of Intraclutch Egg-Size Variation in Birds. Online. *The Auk*. 1984, roč. 101, č. 4, s. 685-697. ISSN 0004-8038. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/4086895>. [citováno 2024-06-18].
60. SMITH, Robert J. a MOORE, Frank R. Arrival Fat and Reproductive Performance in a Long-Distance Passerine Migrant. Online. *Oecologia*. 2003, roč. 134, č. 33, s. 325-331. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/4223510>. [citováno 2024-05-10].
61. STARCK, Matthias J.; RICKLEFS, Robert E. Avian growth and development. Evolution in the altricial precocial spectrum. Online. *Patterns of development: The altricial-precocial spectrum*. 1998, s. 3-30. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/284490461\\_Avian\\_growth\\_and\\_development\\_Evolution\\_in\\_the\\_altricial\\_precocial\\_spectrum](https://www.researchgate.net/publication/284490461_Avian_growth_and_development_Evolution_in_the_altricial_precocial_spectrum). [citováno 2024-06-26].

62. STEPHENS, Philip A.; BOYD, Ian L.; MCNAMARA, John M. a HOUSTON, Alasdair I. Capital breeding and income breeding: their meaning, measurement, and worth. Online. *Ecology*. 2009, roč. 90, č. 8, s. 2057-2067. ISSN 0012-9658. Dostupné z: <https://doi.org/10.1890/08-1369.1>. [citováno 2024-06-14].
63. STOLESON, Scott H. a BEISSINGER, Steven R. Egg viability as a constraint on hatching synchrony at high ambient temperatures. Online. *Journal of Animal Ecology*. 1999, roč. 68, č. 5, s. 951-962. ISSN 0021-8790. Dostupné z: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00342.x>. [citováno 2024-05-01].
64. SÆTHER, Bernt-Erik; VISSER, Marcel E.; GRØTAN, Vidar a ENGEN, Steinar. Evidence for r - and K -selection in a wild bird population: a reciprocal link between ecology and evolution. Online. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2016, roč. 283, č. 1829. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2411>. [citováno 2024-05-18].
65. SÆTHER, Bernt-Erik; ENGEN, Steinar; GUSTAFSSON, Lars; GRØTAN, Vidar a VRIEND, Stefan J. G. Density-Dependent Adaptive Topography in a Small Passerine Bird, the Collared Flycatcher. Online. *The American Naturalist*. 2021, roč. 197, č. 1, s. 93-110. ISSN 0003-0147. Dostupné z: <https://doi.org/10.1086/711752>. [citováno 2024-07-18].
66. TÖRÖK, J.; MOSKÁT, C.; MICHL, G. a PÉCZELY, P. Common cuckoos ( *Cuculus canorus* ) lay eggs with larger yolk but not more testosterone than their great reed warbler ( *Acrocephalus arundinaceus* ) hosts. Online. *Ethology Ecology & Evolution*. 2004, roč. 16, č. 3, s. 271-277. ISSN 0394-9370. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/08927014.2004.9522638>. [cit. 2024-07-18].
67. TRYJANOWSKI, P., KUZNIAK, S., a DIEHL, B. Does breeding performance of Red-backed Shrike *Lanius collurio* depend on nest site selection?. Online. *Ornis Fennica*, 2000, roč. 77, č. 3, s. 137–141. Dostupné z: <https://ornisfennica.journal.fi/article/view/133536>. [citováno 2024-05-15].
68. TRYJANOWSKI, Piotr; KARG, Malgorzata a KARG, Jerzy. Diet composition and prey choice by the red-backed shrike *Lanius collurio* in western Poland. *Belgian Journal of Zoology*. 2003, roč. 133. Dostupný z: [https://www.researchgate.net/publication/237798078\\_Diet\\_composition\\_and\\_pre\\_y\\_choice\\_by\\_the\\_red-backed\\_shrike\\_Lanius\\_collurio\\_in\\_western\\_Poland](https://www.researchgate.net/publication/237798078_Diet_composition_and_pre_y_choice_by_the_red-backed_shrike_Lanius_collurio_in_western_Poland). [citováno 2024-05-13].

69. TRYJANOWSKI, P.; SPARKS, T. H.; KUCZYŃSKI, L. a KUŹNIAK, S. Should avian egg size increase as a result of global warming? A case study using the red-backed shrike (*Lanius collurio*). Online. *Journal of Ornithology*. 2004, roč. 145, č. 3, s. 264-268. ISSN 2193-7192. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10336-004-0035-8>. [citováno 2024-06-28].
70. VIECO-GALVEZ, David; CASTRO, Isabel; MOREL, Patrick C. H.; CHUA, Wei Hang a LOH, Michael. The eggshell structure in apteryx ; form, function, and adaptation. Online. *Ecology and Evolution*. 2021, roč. 11, č. 7, s. 3184-3202. ISSN 2045-7758. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/ece3.7266>. [citováno 2024-05-10].
71. VISSER, Marcel E a BOTH, Christiaan. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. Online. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2005, roč. 272, č. 1581, s. 2561-2569. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3356>. [citováno 2024-05-20].
72. WILLIAMS, Tony D. *The Penguins*. Online. Oxford, New York: Oxford University Press, 1995. ISBN 019854667X. Dostupné z: <https://archive.org/details/penguinssphenisc0000will/page/n9/mode/2up> [citováno 2024-06-26].
73. WILLIAMS, T. D. Experimental manipulation of female reproduction reveals an intraspecific egg size clutch size trade-off. Online. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2001, roč. 268, č. 1465, s. 423-428. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1374>. [citováno 2024-05-08].
74. ZÁRYBNICKÁ, Markéta; KORPIMÄKI, Erkki; GRIESSER, Michael a MAPPES, Tapio. Dark or Short Nights: Differential Latitudinal Constraints in Nestling Provisioning Patterns of a Nocturnally Hunting Bird Species. Online. *PLoS ONE*. 2012, roč. 7, č. 5. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036932>. [citováno 2024-05-10].
75. INSPIRE Mapy. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
76. R Core Team. *\_R: A Language and Environment for Statistical Computing\_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2024 &lt; <https://www.R-project.org/&gt;>.