

Meziroční přežívání samců slavíka modráčka středoevropského (*Luscinia svecica cyanecula*) na výsypce Pokrok u Duchcova

Inter-annual survival of male White-spotted Bluethroats (Luscinia svecica cyanecula) on the Pokrok spoil bank at Duchcov, north-western Czech Republic

**Petr Procházka¹, Martina Hanzlíková², Zdeněk Valeš³
& Petr Klvaňa⁴**

¹ Ústav biologie obratlovců Akademie věd České republiky, v.v.i., Květná 8, CZ-603 65 Brno; e-mail: prochazka@ivb.cz

² Základní škola Jaroslava Pešaty, J. Pešaty 1313, CZ-419 01 Duchcov; e-mail: mart.han@seznam.cz

³ E. Krásnohorské 522, CZ-252 30 Řevnice; e-mail: zetval@volny.cz

⁴ Kroužkovací stanice Národního muzea, Hornoměřolská 34, CZ-102 00 Praha; e-mail: petr_klvana@nm.cz

Procházka P., Hanzlíková M., Valeš Z. & Klvaňa P. 2020: Meziroční přežívání samců slavíka modráčka středoevropského (*Luscinia svecica cyanecula*) na výsypce Pokrok u Duchcova. *Sylvia* 56: 25–37.

Projekt RAS (z angl. *Retrapping Adults for Survival*) je jedním z programů umožňujících monitorovat demografii ptačích populací – je založen na kroužkování a opětovných odchycích dospělých jedinců vybraných druhů ptáků na hnízdištích a slouží ke sledování meziročních změn v přežívání. V rámci projektu RAS jsme v letech 2012–2020 na výsypce Pokrok u Duchcova prováděli odchyt slavíků modráčků středoevropských (*Luscinia svecica cyanecula*). Zajímalo nás, zda je přežívání samců ovlivněno počasím v době jejich přiletu. Analýza odchytových dat ukázala, že přežívání samců meziročně výrazně kolísalo a negativně korelovalo s počtem mrazových dnů v dubnu. Přestože jsme neprokázali bezprostřední příčinnou souvislost mezi přežíváním a chladným dubnovým počasím, domníváme se, že vlna studeného počasí během jarního tahu nebo po návratu na hnízdiště může být pro hmyzožravé tažné druhy ptáků kritická tím, že nízké teploty mohou výrazně snížit dostupnost bezobratlých a zvyšovat tak mortalitu samců. Výsledky této studie demonstují využití dat nasbíraných v projektu RAS pro konkrétní druh a naznačují budoucí potenciál projektu RAS jako nedílné součásti integrovaného monitoringu ptačích populací v České republice.

The Retrapping Adults for Survival (RAS) scheme is one of the programmes used to monitor demography of avian populations – it relies on ringing and recapturing of adult birds of selected species on their breeding grounds to estimate their inter-annual survival. Within the Czech RAS scheme, we studied White-spotted Bluethroats (Luscinia svecica cyanecula) at the Pokrok spoil bank at Duchcov, north-western Czech Republic in 2012–2020. We tested whether male survival is influenced by weather conditions at the time of their arrival at the breeding grounds. The analysis of capture–recapture data showed that the male survival rate markedly fluctuated among years and was negatively correlated with the number of frost days in April. Although we did not prove a direct causal relationship between survival and cold April weather,

we argue that a cold spell during spring migration or after arrival at the breeding grounds may be critical for insectivorous migratory birds in that low temperatures or snow cover can significantly decrease the availability of invertebrate prey and consequently increase male mortality. The results of this study demonstrate the use of data gathered within this particular RAS project and anticipate the future potential of the RAS scheme as an integral part of monitoring of bird populations in the Czech Republic.

Keywords: capture–recapture, Cormack-Jolly-Seber models, mortality, RAS project, weather

ÚVOD

Lidé začali kroužkovat ptáky, aby se dozvěděli, kde zimují. Za více než sto let kroužkování se naše poznání migrace ptáků posunulo výrazně kupředu (Bairlein 2001), nicméně velkou nevýhodou této metody je nízká návratnost zpětných hlášení značených ptáků, a to především u malých druhů (Robinson et al. 2009a). To ale v žádném případě neznamená, že by tradiční značení ptáků kroužky bylo za zenitem (Newton 2014). Právě naopak – díky rozvoji statistických metod a standardizaci kroužkovacích projektů má kroužkování velký potenciál přinést důležité informace o demografii populací, a stává se tak nedílnou součástí integrovaného monitoringu ptačích populací (Robinson et al. 2014). Pochopení populační dynamiky jednotlivých druhů může být zásadní pro jejich ochranu, ale je zajímavé i z teoretického hlediska. Ve světle probíhajících změn klimatu (viz např. Julliard et al. 2004) totiž máme jedinečnou možnost sledovat, jak populace různých druhů ptáků na tyto změny reagují a zda se jim dokáží přizpůsobit.

Standardizované monitorovací projekty založené na odchytech a kroužkování ptáků poskytují velmi cenná data o změnách početnosti, přežívání a produktivitě populací volně žijících ptáků. Řadí se mezi ně např. projekt MAPS (z angl. *Monitoring Avian Productivity and Survivorship*) v Severní Americe (DeSante et al. 1995, Saracco et al. 2010) nebo již zaniklý německý program MRI

(*Mettnau-Reit-Illmitz*), který byl zahájen v roce 1974 a zaměřoval se na období podzimního tahu (Kaiser & Berthold 2004). Dnes je u nás asi nejznámější projekt CES (z angl. *Constant Effort Sites*), v jehož rámci kroužkovatelé dlouhodobě za použití standardní metodiky chytají ptáky na vybraných lokalitách během předem stanovených termínů do sítí o stejné délce (Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020a). Projekt byl založen ve Velké Británii v 80. letech a postupně se rozšířil do řady zemí (Robinson et al. 2009b). Jeho cílem je sledovat časové změny v přežívání a produktivitě ptáků na co největším území Evropy (Eglington et al. 2015). Projekt CES umožňuje monitorovat zejména druhy, jejichž populace jsou v daných biotopech dostatečně početné – v ČR se jedná zejména o rákosiny a křoviny (Jelínek 2016).

Pro monitoring druhů s nižšími hnízdními hustotami nebo druhů obývajících jiné typy prostředí než rákosiny a křoviny však není metodika projektu CES příliš vhodná. O nápravu se snaží projekt RAS (z angl. *Retrapping Adults for Survival*), který se rozběhl v roce 1999 ve Velké Británii, na našem území pak o 10 let později (Valeš 2016, Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020b). Projekt RAS je omezen na sledování meziročních změn v přežívání dospělců vybraných druhů ptáků. Cílem je na daném území každoročně, a pokud možno se stejným odchyto-

vým úsilím, odchytil všechny dospělé jedince daného druhu (případně odečíst barevné kombinace značených jedinců). Specializace na jeden druh řadě kroužkovatelů vyhovuje a za dobu existence projektu RAS v ČR se podařilo nasbírat pro některé druhy ptáků dostatečné množství dat, které umožňují jejich statistickou analýzu (Valeš 2020). V tomto příspěvku vyhodnocujeme data získaná z projektu RAS zaměřeného na samce slavíka modráčka středoevropského (*Luscinia svecica cyanecula*).

Česká hnízdní populace slavíka modráčka středoevropského migruje na krátké vzdálenosti do zimovišť v oblasti Středomoří (Cepák et al. 2008). Na hnízdiště začínají samci přilétat již koncem března a začátkem dubna, a proto jsou zde často vystaveni nepříznivým klimatickým podmínkám. Řada studií prokázala, že obsazování hnízdišť je pro samce stálých i tažných druhů kritickým obdobím, které může významně zvýšit jejich mortalitu (Drent et al. 2003, Newton 2007, Lerche-Jørgensen et al. 2018). Hlavním faktorem jsou povětrnostní podmínky, zejména chladné počasí, které u hmyzožravých druhů ptáků omezuje dostupnost potravy. Ve shodě s výsledky předchozích studií na jiných druzích (např. Briedis et al. 2017, Lerche-Jørgensen et al. 2018) jsme proto očekávali, že chladné dubnové počasí může být jedním z hlavních faktorů, které negativně ovlivňují meziroční přežívání samců slavíka modráčka. Cílem příspěvku je odhadnout meziroční přežívání dospělých samců slavíka modráčka na výsypce Pokrok u Duchcova a otestovat vliv dubnového počasí na meziroční přežívání.

METODIKA

Sledované území

Projekt RAS na slavíku modráčkovi středoevropském probíhá na Duchcovsku

od roku 2012. Sledovaná plocha zahrnuje výsypku Pokrok u Duchcova (50°36'15"N, 13°43'15"E, 250 m n. m.) včetně okrajového pásma mezi velkolomem Bílina a výsypkou, a mokřad Venuše u Braňan (50°33'21"N, 13°40'48"E, 250 m n. m.), který je ohraničen pastvinami, lesem a nově rekultivovanými plochami s výsadbou listnatých stromů. Stěžejní oblastí je výsypka Pokrok o rozloze cca 900 ha, která je na severozápadě od Oseckého lesa ohraničena pozemní komunikací, na severovýchodě městem Duchcov a na jihu velkolomem Bílina. Převážná část území výsypky byla lesnický nebo zemědělsky rekultivována, přesto při úpravách terénu vzniklo několik menších a pro slavíka modráčka vhodných lokalit – mělkých mokřadů, retenčních nádrží a vyhloubených příkopů, které postupně zarůstají rákosem obecným (*Phragmites australis*) a jinou mokřadní vegetací. V jejich blízkosti se nacházejí menší nerekulitované plochy s travními porosty. Kromě toho se na sledovaném území nalézá dosud nerekulitovaná část výsypky o rozloze cca 3 ha, která byla ponechána přirozené sukcesi. Po práci důlního zakladače tu zůstaly hřebínky se suššími stanovišti stepního charakteru a vlhčí úžlabí, z nichž některá se zaplnila srážkovou vodou. Hloubka těchto tůní závisí na množství srážek, avšak voda se zde zpravidla drží i v suchém období díky převážně jílovému podloží. Na okrajích některých vodních plošek začíná vyrůstat rákos. Podrobný popis lokalit viz Hanzlíková & Vít (2019).

Jelikož na výsypce Pokrok i na jejích okrajích stále probíhají různé terénní a rekultivační práce, počet odchytových stanovišť se meziročně mění, a proto některá vhodná místa zanikají a jiná naopak vznikají. Navíc se na některých lokalitách dynamicky vyvíjí vegetace a tím se také mění vhodnost stanovišť pro slavíka modráčka. Přes všechny změny,

jsme v jarních měsících věnovali značné množství času, nikdy se nepodařilo pochytat na sledovaném území všechny jedince (v průměru každoročně zůstalo odhadem 10–20% samců neodchyceno). Odchyty proto probíhaly i v průběhu června a července, kdy někteří modráčci ještě dokrmují mláďata. U jiných jedinců sice již probíhá kompletní výměna opeření, setrvávají však na výsypce a pouze vylétávají za potravou nebo se přesouvají mezi lokalitami. V tomto období již samci nereagovali na hlasovou provokaci a byli většinou odchyceni při průletu rákosinou. Jedinci odchyceni v srpnu již nebyli do analýzy zahrnuti. V tomto období již dochází k větším přesunům modráčků mezi lokalitami a k odletu na zimoviště, což zvyšuje pravděpodobnost odchytu cizích ptáků na studijní lokalitě a mohlo by to vést k podhodnocení odhadů přežívání.

Odchyty

Odchyty jsme prováděli podle počasí a časových možností jak v ranních, tak i v podvečerních hodinách. Používali jsme nárazové sítě na pěvce délky 10 nebo 12 m s oky 16 mm. Jelikož rákosiny nebyly nijak rozsáhlé, stavěli jsme sítě většinou jednotlivě, omezeně také do sestav o délce 22–32 m. Brzy zjara jsme slavíky modráčky chytali rovněž na larvy potemníka moučného (*Tenebrio molitor*) do sklopek, a to vždy za použití hlasové reprodukce. Sítě jsme zpravidla stavěli ještě za tmy, protože při rozednávání a krátce po něm reagují ptáci nejlépe. Pokud se samec nechytí v brzkých ranních hodinách, setrvali jsme na lokalitě do zhruba 11 hodin dopoledne a zkoušeli jej přilákat různými typy zvukové nahrávky. Tímto způsobem se občas podařilo odchytit i samice (vzhledem k nižším počtům chytaných samic jsme ale analýzu omezili pouze na samce). Na menších lokalitách, kde hnízdí jeden,

maximálně dva páry, probíhaly odchyty většinou v podvečerních hodinách. Menší lokality byly během hnízdní sezóny navštíveny jednou až dvakrát, počet návštěv rozsáhlejších ploch závisel na odhadu počtu hnízdicích párů, a především na úspěšnosti předešlých odchytů.

Statistické zpracování dat

Pro otestování vlivu počasí na meziroční přežívání dospělých samců slavíka modráčka na severočeských výsypkách jsme použili volně dostupná denní data z blízké meteorologické stanice Milešovka (Český hydrometeorologický ústav 2020). Jako nejvhodnější proměnnou pro test vlivu jarního počasí na přežívání jsme z těchto dat stanovili počet mrazových dnů v měsíci dubnu v jednotlivých letech. Mrazový den definujeme jako den, kdy minimální teplota klesla pod teplotu 0 °C (Horký 1993), přičemž předpokládáme, že větší počet takových dnů může negativně ovlivnit přežívání slavíků modráčků v daném roce. Duben jsme zvolili proto, že představuje hlavní období přiletu samců slavíka modráčka na naši lokalitu (obr. 1a).

Pro výpočet přežívání jsme z jednotlivých záznamů kroužkovaných ptáků vytvořili matici, jejíž počet řádků byl roven počtu dospělých samců slavíka modráčka splňujících časová kritéria pro zařazení do projektu RAS (Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020b) a počet sloupců odpovídal počtu let. Pokud byl daný pták v daném roce zaznamenán, obsahoval příslušný prvek matice jedničku, pokud ne, nulu (tab. 1). Tato matice reprezentuje pozorovaný stav, podle nějž klasický Cormack-Jolly-Seberův (CJS) model přežívání odhaduje dva parametry: meziroční přežívání (ϕ) a pravděpodobnost zpětného odchytu (p). Pro detailní vysvětlení statistického principu odhadu těchto dvou parametrů viz Kéry & Schaub (2012) nebo Powell

Tab. 1. Ukázka deseti řádků matice popisující historii odchytnů jednotlivých samců slavíka modráčka na Duchcovsku (1 – pták byl v daném roce odchycen, 0 – pták nebyl v daném roce odchycen). Matice analyzovaná v tomto článku obsahovala 250 řádků (jedinců).

Table 1. A sample of ten rows from a capture history matrix of Bluethroat males at Duchcov (1 – captured in a given year; 0 – not captured in a given year). The capture history matrix used in this paper had 250 rows (individuals).

kroužek / ring	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TK57921	1	1	1	0	0	0	0	0	0
TL23314	0	0	0	1	1	0	0	0	0
TL35209	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TL48086	0	1	0	0	0	0	0	0	0
TL72978	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TL72998	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TL72999	1	1	1	1	1	1	0	0	0
TL76596	1	0	1	0	0	0	0	0	0
TL76616	1	0	0	0	0	0	0	0	0
TL76620	1	0	1	0	0	0	0	0	0
...									

& Gale (2015). Zde jen zdůrazňujeme, že parametr ϕ označovaný jako lokální (nebo zjevné) přežívání (angl. *apparent survival*) bývá u většiny podobných studií nižší než skutečné přežívání (S), protože klasický CJS model neumí odlišit trvalou emigraci od mortality. Čím je trvalá emigrace častější, tím nižší bude odhad ϕ oproti S . Pro výpočet S bychom potřebovali znát pravděpodobnosti trvalé emigrace, tu ale nelze bez externích dat z okolních lokalit stanovit. Dále připomínáme, že přestože je p nezbytným parametrem pro správný odhad přežívání, zpravidla nebývá jeho hodnota biologicky zajímavá. Rovněž je dobré si uvědomit, že součin p a ϕ odpovídá pozorované návratnosti na lokalitu.

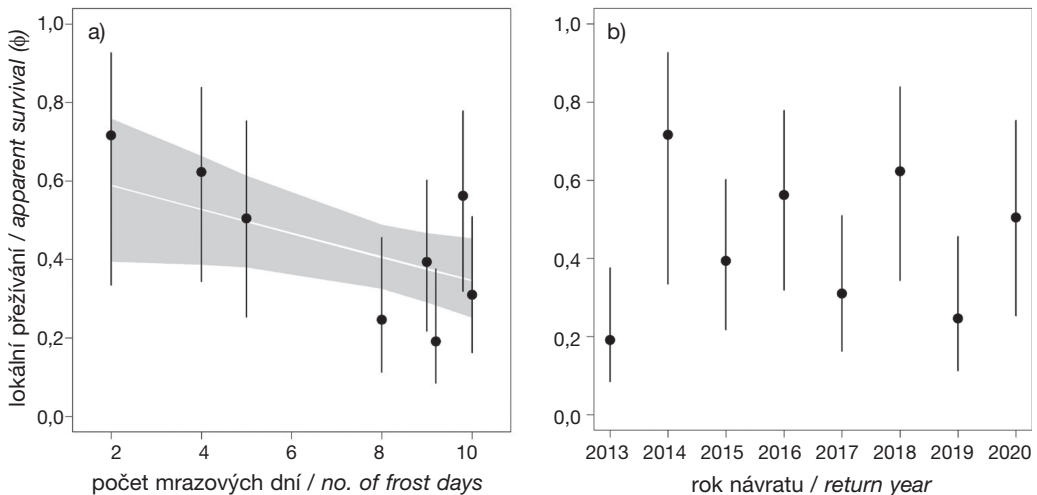
Před modelováním lokálního přežívání jsme pomocí knihovny R2ucare (Gimenez et al. 2018) testovali, zda data formálně vyhovují předpokladům CJS modelů. Pro výpočet meziročního přežívání jsme následně použili funkci surv-CJS z knihovny wqid (Meredith 2020).

Než jsme specifikovali příslušné modely přežívání, prověřili jsme, zda bylo v souladu s metodikou projektů RAS každoročně vyvíjeno srovnatelné odchytné úsilí. Počet odchytných dnů (47–59, průměrně 53 dny ročně) se výrazně meziročně nelišil (ANOVA $F_{1,7} = 2,2$; $p = 0,183$). Podobně se příliš nelišil ani počet hodin strávených odchyty v jednotlivých letech (120–140, průměrně 135 h ročně; $F_{1,7} = 5,4$; $p = 0,054$). Drobné meziroční rozdíly byly mj. zapříčiněny větším počtem teritoriálních samců v některých letech, ale i rozdílným rázem počasí, které někdy ztěžovalo odchyty, a bylo proto potřeba více návštěv, dokud se samce nepodařilo odchytit. Pilotní analýza přežívání navíc potvrdila předpoklad srovnatelného odchytného úsilí, protože modely s konstantní pravděpodobností odchytnu vystihovaly data lépe než modely s meziročně variabilní pravděpodobností odchytnu. V dalších analýzách jsme proto vždy modelovali konstantní pravděpodobnost odchytnu (p).

Primárně nás zajímalo, zda se přežívání liší mezi roky a zda je ovlivněno chladným dubnovým počasím během hlavního období přiletu. Proto jsme porovnali tři modely: $\{\phi.p.\}$ – model s konstantním přežíváním, $\{\phi.p.\}$ – model odhadující přežívání pro každý rok zvlášť a $\{\phi_{\text{frostDays}}.p.\}$ – model odhadující přežívání jako funkci počtu mrazových dnů v dubnu. Jako kritérium pro výběr nejvíce podpořeného modelu jsme použili rozdíl v Akaikeho informačním kritériu (ΔAICc) a relativní váhu modelu (Burnham & Anderson 2002). Všechny analýzy byly provedeny v prostředí R, verze 3.6.2 (R Core Team 2019).

VÝSLEDKY

V letech 2012–2020 bylo na sledovaném území během období stanoveného pro projekty RAS u slavíka modráčka odchyceno celkem 367 dospělých jedinců tohoto druhu (obr. 1a). Z toho bylo 250 samců a 117 samic. Ročně bylo odchytáváno 20–54 samců (průměrně 36 samců) a počet meziročně zpětně odchycených samců kolísal mezi 3 a 15 za rok (obr. 1b). Většina samců ($n = 194$) byla zaznamenána pouze v jednom roce, 43 ve dvou letech, osm ve třech, tři ve čtyřech letech, jeden v pěti a jeden v šesti letech. Data plně vyhovovala základním požadavkům pro použití CJS



Obr. 2. a) Závislost meziročního přežívání dospělých samců slavíka modráčka na Duchcovsku na počtu mrazových dnů v dubnu. Bílá čára znázorňuje regresní křivku z modelu $\{\phi_{\text{frostDays}}.p.\}$ odhadujícího přežívání jako funkci počtu mrazových dnů v dubnu (viz tab. 2), šedě vyznačená oblast 95% interval spolehlivosti této křivky. Do grafu jsou dále vyneseny odhady meziročního přežívání z modelu $\{\phi.p.\}$ odhadujícího přežívání pro každý rok zvlášť (viz obr. 2b). b) Meziroční přežívání dospělých samců slavíka modráčka na Duchcovsku v jednotlivých letech. Body znázorňují odhady meziročního přežívání z modelu $\{\phi.p.\}$ odhadujícího přežívání pro každý rok zvlášť (viz tab. 2), úsečky pak 95% intervaly spolehlivosti těchto odhadů.

Fig. 2. a) Relationship between annual survival of adult Bluethroat males at Duchcov and the number of frost days in April. The white line depicts the regression curve from the model $\{\phi_{\text{frostDays}}.p.\}$ relating survival with the number of frost days in April (see Table 2); the grey polygon shows the 95% confidence interval of the regression curve. Also plotted are survival estimates from the model with year-specific survival $\{\phi.p.\}$ – for details see Fig. 2b. b) Inter-annual survival of adult Bluethroat males at Duchcov in individual years. Dots denote survival estimates from the model with year-specific survival ($\{\phi.p.\}$, see Table 2), lines depict 95% confidence intervals of these estimates.

Tab. 2. Srovnání Cormack-Jolly-Seberových modelů přežívání samců slavíka modráčka na Duchcovsku. Označení modelů: $\{\phi.p.\}$ – model s konstantním meziročním přežíváním, $\{\phi.p.\}$ – model odhadující přežívání pro každý rok zvlášť a $\{\phi_{\text{frostDays}}p.\}$ – model odhadující přežívání jako funkci počtu mrazových dnů v dubnu. AICc – Akaikeho informační kritérium korigované na malé velikosti vzorků, ΔAICc – rozdíl v AICc oproti nejpodpořenějšímu modelu, ModelLik – věrohodnost modelu, ModelWt – váha modelu. Modely jsou řazeny od nejnižšího AICc. Tučně jsou vyznačeny modely s $\Delta\text{AICc} < 2$.

Table 2. Comparison of Cormack-Jolly-Seber models of survival of Bluethroat males at Duchcov. Model specification: $\{\phi.p.\}$ – model with constant survival, $\{\phi.p.\}$ – model with year-specific survival, and $\{\phi_{\text{frostDays}}p.\}$ – model assessing survival as a function of the number of frost days in April. AICc – Akaike's information criterion corrected for small sample size, ΔAICc – difference in AICc against the most supported model, ModelLik – model likelihood, ModelWt – model weight. Models are ranked from the lowest AICc. Models with $\Delta\text{AICc} < 2$ are highlighted in bold.

model	df	AICc	ΔAICc	ModelLik	ModelWt
$\{\phi_{\text{frostDays}}p.\}$	3	404,1	0	1	0,528
$\{\phi.p.\}$	9	405,3	1,2	0,536	0,283
$\{\phi.p.\}$	2	406,1	2,0	0,359	0,189

modelů (celkový test dobré shody: $\chi^2 = 5,9$; df = 20; $p > 0,999$).

Data nejlépe vystihoval model s počtem mrazových dnů (tab. 2). Tento model ukázal, že meziroční přežívání negativně korelovalo s počtem mrazových dnů v dubnu (odhad směrnice: $-0,38 \pm 0,20$ SE; 95% interval spolehlivosti: $-0,761$; $0,004$; obr. 2a) a odhad pravděpodobnosti odchyty (p) činil $0,556$ (95% interval spolehlivosti: $0,410$; $0,693$). Jako druhý v pořadí se umístil model s meziročně variabilním přežíváním, který byl sice o něco méně podpořen, stále ale ještě vyhovoval konvenčnímu kritériu $\Delta\text{AICc} < 2$ (tab. 2). Odhady meziročního přežívání samců z tohoto modelu značně kolísaly mezi lety (obr. 2b) a odhad pravděpodobnosti odchyty z tohoto modelu byl $0,548$ (95% interval spolehlivosti: $0,398$; $0,690$). Váha obou těchto modelů v součtu činila 81 % (tab. 2).

DISKUSE

Díky projektu RAS jsme získali první poznatky o meziročním přežívání dospělých samců slavíka modráčka v podmínkách severočeských výsypek. Průměrný

odhad přežívání samců na výsypce Pokrok (model s konstantním přežíváním: $\phi = 0,426$; 95% interval spolehlivosti: $0,348$; $0,507$) odpovídá hodnotám přežívání dospělců u podobných druhů pěvců, jako je bělořit šedý *Oenanthe oenanthe*, červenka obecná *Erithacus rubecula* nebo pěvuška modrá *Prunella modularis* (Low et al. 2010, Arizaga et al. 2012, Robinson et al. 2014). Odhady přežívání ve sledovaném období meziročně poměrně výrazně kolísaly. Protože odchytby byly (v souladu s metodikou projektů RAS; Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020b) každoročně prováděny se srovnatelným úsilím, předpokládáme, že jsou odrazem skutečných výkyvů v meziročním přežívání. Naše výsledky dále ukazují na možnou souvislost mezi počtem mrazových dnů v měsíci dubnu a přežíváním samců slavíka modráčka. Tato data tedy naznačují, že nízká dubnová teplota může být důležitým limitujícím faktorem ovlivňujícím meziroční přežívání dospělců.

Skutečnost, že začátek hnízdního období může představovat pro samce kritické období, dokládá celá řada studií na stálých i tažných druzích. Zatímco

samice mají vyšší mortalitu spíše během hnízdění (Robinson et al. 2010, Wierucka et al. 2016), u samců byla popsána vyšší mortalita na začátku hnízdního období, která patrně souvisí s vyššími energetickými náklady spojenými s obhajobou teritoria (Robinson et al. 2010, Monticelli et al. 2014), jež mohou být umocněny nepříznivým počasím (Gullett et al. 2014). U tažných druhů byla navíc zdokumentována silná selekce samců na brzký přilet na hnízdiště, aby včas obsadili kvalitní teritoria (hypotéza výhody pořadí, angl. *rank advantage hypothesis*; Morbey & Ydenberg 2001) a získali samice (hypotéza příležitosti získání partnera, angl. *mate opportunity hypothesis*; Morbey & Ydenberg 2001, Kokko et al. 2006). Včasný přilet na hnízdiště umožňuje časnější zahnízdění (Takaki et al. 2001, Smith & Moore 2005) a to zvyšuje reprodukční úspěšnost v dané sezóně (Lack 1950, Price et al. 1988, Reudink et al. 2009). Brzký návrat ze zimovišť může mít ale v případě extrémně chladného počasí fatální následky. Nepříznivé počasí po přiletu na hnízdiště tak patří mezi hlavní faktory působící proti časnému přiletu na hnízdiště (Visser et al. 2015, Lerche-Jørgensen et al. 2018). Tento efekt je lépe popsán pro dálkové migranty, kteří mají jen omezené možnosti, jak na špatné počasí reagovat. Naopak u migrantů na krátké vzdálenosti se předpokládá větší flexibilita při zhoršeném počasí na hnízdišti (Lack 1960), což u nich mj. dokládá větší rozpětí příletových dat než u dálkových migrantů (Hagan et al. 1991, Mason 1995). To ale neznamená, že u naší populace slavíka modráčka by extrémní počasí při přiletu na hnízdiště a během obsazování hnízdních okrsků nehrálo roli. Zejména rok 2013 s výjimečně chladným jarem byl v mnoha ohledech extrémním nejen u nás, ale i jinde v Evropě (Slingo 2013, Añel et al. 2014, Gładalski et al. 2014) a jeho důsled-

ky jsou dobře patrné na nejnižší hodnotě meziročního přežívání (obr. 2b) i na velmi malém počtu odchycených samců v tomto roce (obr. 1b).

Jsme si vědomi toho, že na základě našich výsledků nelze jednoznačně potvrdit, že za nižší meziroční přežívání přímo (kauzálně) zodpovídá počet mrazových dnů v dubnu, a ne nějaký jiný nepodchycený faktor. Naše data např. ukazují, že přežívání dospělců bylo v roce 2017 vyšší, než by odpovídalo 10 mrazovým dnům v dubnu tohoto roku (obr. 2a). K vyšší mortalitě tedy jistě přispívají i další faktory, např. podmínky na zimovištích, která se u populace hnízdící na severočeských výsypkách nacházejí v západním Středomoří (Cepák et al. nepubl. data). Bohužel datové soubory umožňující analýzu mortality pěvců na těchto zimovištích jsou malé, a mají proto omezenou vypovídací hodnotu. Práce, která srovnávala mortalitu čtyř hmyzožravých pěvců v severním Španělsku po dobu čtyř zim, ale ukázala, že mortalita během zimního období nemusí být vysoká, její míra se však liší mezi druhy (Arizaga et al. 2012). Nicméně se domníváme, že vlna studeného počasí během jarního tahu nebo po návratu na hnízdiště může být pro hmyzožravé tažné druhy ptáků často kritická tím, že nízké teploty, sněhová pokrývka nebo chladné a deštivé počasí mohou rapidně omezit dostupnost bezobratlých (Newton 2007, Robinson et al. 2007).

Lze očekávat, že k extrémním klimatickým událostem bude docházet častěji než v minulosti (Lehmann et al. 2018). Narůstající počet studií ukazuje, že tyto extrémní odchylky mají často negativní důsledky pro populace živočichů, ptáky nevyjímaje (Bailey & van de Pol 2016). Samozřejmě se nemusí jednat jen o nezvykle nízké teploty, ale také např. o výrazná období sucha (Tøttrup et al. 2012). Četnější, a přitom nepravidelný výskyt

těchto abnormálních jevů neumožňuje ptákům se jim adekvátně přizpůsobit, a může tak mít negativní vliv zejména na některé silně ubývající populace těžných druhů. Naše studie je příspěvkem k poznání demografických změn ptačích populací a faktorů, které je mohou ovlivňovat. Na příkladu této pilotní studie ukazujeme, že dlouhodobé monitorovací projekty, jako je právě RAS, nám mohou pomoci kvalifikovaně sledovat demografické změny a identifikovat důležité faktory limitující populace ptáků. Vznik a kontinuita celé řady lokálních projektů RAS (Valeš 2018, 2020) dává naději, že u vhodných druhů budeme schopni dlouhodobě sledovat meziroční přežívání dospělců a v kombinaci s dalšími projekty (CES, viz Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020a; Jednotný program sčítání ptáků, viz Česká společnost ornitologická 2020a; Liniové sčítání druhů, viz Česká společnost ornitologická 2020b) se RAS stane důležitou součástí integrovaného monitoringu ptačích populací, jak ho známe např. ze Spojeného království (Robinson et al. 2014) nebo z Německa (Meister et al. 2016).

PODĚKOVÁNÍ

Děkujeme Pavlu Vítovi za pomoc při realizaci odchyťů modráčků, úpravy průseků a přípravu odchyťových míst. Náš dík patří též Martinu Paclíkovi a anonymnímu recenzentovi za podnětné připomínky. Při práci na tomto článku byl první autor podpořen z projektu GA ČR č. 20-00648S a z institucionální podpory (RVO: 68081766). Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Národní muzeum (DKRVO 2019–2023/ 6.VIII.b, 00023272).

SUMMARY

Long-term monitoring is a necessary prerequisite for effective conservation of bird populations. The Constant Effort Sites (CES) and Retrapping Adults for Survival (RAS) schemes currently represent two major ringing-based programmes used to monitor avian demography. The RAS scheme relies on ringing and recapturing adults of selected bird species in various habitats which are often not well covered by the CES scheme. Data gathered by the RAS scheme can be then used to estimate inter-annual adult survival.

*In 2012–2020, we conducted a RAS study on the White-spotted Bluethroat (*Luscinia svecica cyanecula*) at the Pokrok spoil bank at Duchcov, north-western Czech Republic (50°36'15"N, 13°43'15"E; 250 m a. s. l.). Although a substantial part of the post-mining area has been restored into woodland or farmland, several wetlands, ponds and ditches overgrown by littoral vegetation dominated by the Common Reed (*Phragmites australis*) and fringed by grasslands provide suitable breeding habitats for the Bluethroat. Due to the ongoing habitat restoration activities and the dynamics of vegetation growth, the number of suitable sites for the Bluethroat varies slightly among years; nine sites are permanent and three to five sites temporary (usually available for one to three breeding seasons).*

From March to July 2012–2020 (Fig. 1a), we mist-netted a total of 250 males. Yearly, we captured 20 to 54 males (mean = 36 males), of which 3 to 15 individuals were retraps from previous years (Fig. 1b). The capture–recapture data (see Table 1) conformed to the basic requirements of Cormack–Jolly–Seber models (overall goodness-of-fit test: $\chi^2 = 5.9$, $df = 20$, $p > 0.999$).

Specifically, we tested whether male survival was influenced by cold spring

weather at the time of their arrival at the breeding grounds. The most supported model included the number of frost days in April (Table 2). Apparent survival was negatively correlated with the number of frost days in April (Fig. 2a; slope estimate \pm SE: -0.38 ± 0.20); however, the confidence intervals of this estimate were quite wide (95% CI: -0.761 ; 0.004). The second most supported model was that with apparent survival variable among years (Table 2). The annual estimates of male survival markedly fluctuated among years (Fig. 2b); the estimated recapture probability was 0.548 (95% CI: 0.398 ; 0.690). The year-specific model differed by 1.2 AICc from the most supported model and the cumulative model weight of these two models was 81% (Table 2).

Although we did not prove a direct causal relationship between the male Bluethroat survival and April weather, we suggest that a cold spell during spring migration or shortly after the arrival at the breeding grounds may be critical for migratory birds, and in particular for the early arriving males, because low temperatures or snow cover can significantly decrease the availability of invertebrate prey and consequently increase male mortality. The results of this study demonstrate the use of data gathered within this particular RAS project and we anticipate the future potential of the RAS scheme as an integral part of monitoring of bird populations in the Czech Republic.

LITERATURA

- Añel J. A., López-Moreno J. I., Otto F. E. L., Vicente-Serrano S. M., Schaller N., Massey N., Buisán S. T. & Allen M. R. 2014: The extreme snow accumulation in the western Spanish Pyrenees during winter and spring 2013. *Bulletin of the American Meteorological Society* 95: S73–S76.
- Arizaga J., Díez E., Aranguren I., Asenjo I., Cuadrado J. F., Elozegi Z., Goikoetxea J., Herrero A., Jauregi J. I., Mendiburu A. & Sánchez J. M. 2012: Wintering survival of insect-eating passerines in southern Europe. *Bird Study* 59: 37–42.
- Bailey L. D. & van de Pol M. 2016: Tackling extremes: Challenges for ecological and evolutionary research on extreme climatic events. *Journal of Animal Ecology* 85: 85–96.
- Bairlein F. 2001: Results of bird ringing in the study of migration routes and behaviour. *Ardea* 89 (special issue): 7–19.
- Briedis M., Hahn S. & Adamík P. 2017: Cold spell *en route* delays spring arrival and decreases apparent survival in a long-distance migratory songbird. *BMC Ecology* 17: 1–8.
- Burnham K. P. & Anderson D. R. 2002: *Model Selection and Multimodel Inference*. Springer, New York.
- Cepák J., Klvaňa P., Škopek J., Schröpfer L., Jelínek M., Hořák D., Formánek J. & Zárýbnický J. 2008: *Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky*. Aventinum, Praha.
- Česká společnost ornitologická 2020a: Jednotný program sčítání ptáků (JPSP). <https://www.birdlife.cz/co-delame/vyzkum-a-ochrana-ptaku/vyzkum-ptaku/jpsp/>. Navštíveno 23. 5. 2020.
- Česká společnost ornitologická 2020b: Liniové sčítání druhů (LSD). <https://www.birdlife.cz/co-delame/vyzkum-a-ochrana-ptaku/vyzkum-ptaku/lsd/>. Navštíveno 23. 5. 2020.
- Český hydrometeorologický ústav 2020: Data ze stanic sítě RBCN. <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/data-ze-stanic-site-RBCN>. Navštíveno 23. 5. 2020.
- DeSante D. F., Burton K. M., Saracco J. F. & Walker B. L. 1995: Productivity indices and survival rate estimates from MAPS, a continent-wide programme of constant-effort mist-netting in North America. *Journal of Applied Statistics* 22: 935–948.
- Drent R., Both C., Green M., Madsen J. & Piersma T. 2003: Pay-offs and penalties of competing migratory schedules. *Oikos* 103: 274–292.
- Eglinton S. M., Julliard R., Gargallo G., van der Jeugd H. P., Pearce-Higgins J. W., Baillie

- S. R. & Robinson R. A. 2015: Latitudinal gradients in the productivity of European migrant warblers have not shifted northwards during a period of climate change. *Global Ecology and Biogeography* 24: 427–436.
- Gimenez O., Lebreton J.-D., Choquet R. & Pradel R. 2018: R2ucare: An R package to perform goodness-of-fit tests for capture-recapture models. *Methods in Ecology and Evolution* 9: 1749–1754.
- Gładalski M., Bańbura M., Kaliński A., Markowski M., Skwarska J., Wawrzyniak J., Zieliński P. & Bańbura J. 2014: Extreme weather event in spring 2013 delayed breeding time of Great Tit and Blue Tit. *International Journal of Biometeorology* 58: 2169–2173.
- Gullett P., Evans K. L., Robinson R. A. & Hatchwell B. J. 2014: Climate change and annual survival in a temperate passerine: Partitioning seasonal effects and predicting future patterns. *Oikos* 123: 389–400.
- Hagan J. M., Lloyd-Evans T. L. & Atwood J. L. 1991: The relationship between latitude and the timing of spring migration of North American landbirds. *Ornis Scandinavica* 22: 129–136.
- Hanzlíková M. & Vít P. 2019: *Pokrok s modráčkem*. Bilinská přírodovědná společnost, Bilina.
- Horký Z. (ed.) 1993: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha.
- Jelínek M. 2016: Projekt CES v České republice v roce 2015. *Kroužkovatel* 21: 3–5.
- Julliard R., Jiguet F. & Couvet D. 2004: Evidence for the impact of global warming on the long-term population dynamics of common birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 490–492.
- Kaiser A. & Berthold P. 2004: A European example of standardized mist netting in population studies of birds. In: Ralph C. J. & Dunn E. H. (eds): *Monitoring Bird Populations Using Mist Nets*. *Studies in Avian Biology* 29: 75–81.
- Kéry M. & Schaub M. 2012: *Bayesian Population Analysis Using WinBUGS: A Hierarchical Perspective*. Academic Press, Amsterdam.
- Kokko H., Gunnarsson T. G., Morrell L. J. & Gill J. A. 2006: Why do female migratory birds arrive later than males? *Journal of Animal Ecology* 75: 1293–1303.
- Lack D. 1950: The breeding seasons of European birds. *Ibis* 92: 288–316.
- Lack D. 1960: The influence of weather on passerine migration. A review. *Auk* 77: 171–209.
- Lehmann J., Mempel F. & Coumou D. 2018: Increased occurrence of record-wet and record-dry months reflect changes in mean rainfall. *Geophysical Research Letters* 45: 13468–13476.
- Lerche-Jørgensen M., Korner-Nievergelt F., Tøttrup A. P., Willemoes M. & Thorup K. 2018: Early returning long-distance migrant males do pay a survival cost. *Ecology and Evolution* 8: 11434–11449.
- Low M., Arlt D., Eggers S. & Pärt T. 2010: Habitat-specific differences in adult survival rates and its links to parental workload and on-nest predation. *Journal of Animal Ecology* 79: 214–224.
- Mason C. F. 1995: Long-term trends in the arrival dates of spring migrants. *Bird Study* 42: 182–189.
- Meister B., Köppen U., Geiter O., Fiedler W. & Bairlein F. 2016: Brutbestand, Bruterfolg und jährliche Überlebensrate von Kleinvogelarten – Ergebnisse des Integrierten Monitorings von Singvogelpopulationen in Deutschland (IMS) 1998 bis 2013. *Vogelwarte* 54: 90–108.
- Meredith M. 2020: *wiqid: Quick and dirty estimates for wildlife populations*. R package version 0.2.3. <https://CRAN.R-project.org/package=wiqid>. Navštíveno 2. 2. 2020.
- Monticelli D., Araújo P. M., Hines J. E., Tenreiro P. Q., Silva L. P. & Ramos J. A. 2014: Assessing the role of body mass and sex on apparent adult survival in polygynous passerines: A case study of Cetti's Warblers in central Portugal. *Journal of Avian Biology* 45: 75–84.
- Morbey Y. E. & Ydenberg R. C. 2001: Protandrous arrival timing to breeding areas: A review. *Ecology Letters* 4: 663–673.
- Newton I. 2007: Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* 149: 453–467.
- Newton I. 2014: Is bird ringing still necessary? *British Birds* 107: 572–574.

- Powell L. A. & Gale G. A. 2015: *Estimation of Parameters for Animal Populations: A Primer for the Rest of Us*. Caught Napping Publications, Lincoln.
- Price T., Kirkpatrick M. & Arnold S. J. 1988: Directional selection and the evolution of breeding date in birds. *Science* 240: 798–799.
- R Core Team 2019: R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. Navštíveno 2. 2. 2020.
- Reudink M. W., Marra P. P., Kyser T. K., Boag P. T., Langin K. M. & Ratcliffe L. M. 2009: Non-breeding season events influence sexual selection in a long-distance migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 1619–1626.
- Robinson R. A., Baillie S. R. & Crick H. Q. 2007: Weather-dependent survival: Implications of climate change for passerine population processes. *Ibis* 149: 357–364.
- Robinson R. A., Grantham M. J. & Clark J. A. 2009a: Declining rates of ring recovery in British birds. *Ring and Migration* 24: 266–272.
- Robinson R. A., Julliard R. & Saracco J. 2009b: Constant effort: Studying avian population processes using standardised ringing. *Ring and Migration* 24: 199–204.
- Robinson R. A., Kew J. J. & Kew A. J. 2010: Survival of suburban Blackbirds *Turdus merula* varies seasonally but not by sex. *Journal of Avian Biology* 41: 83–87.
- Robinson R. A., Morrison C. A. & Baillie S. R. 2014: Integrating demographic data: Towards a framework for monitoring wild-life populations at large spatial scales. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 1361–1372.
- Saracco J. F., Royle J. A., DeSante D. F. & Gardner B. 2010: Modeling spatial variation in avian survival and residency probabilities. *Ecology* 91: 1885–1891.
- Slingo J. 2013: *Why Was the Start to Spring 2013 So Cold?* Met Office, Exeter.
- Smith R. J. & Moore F. R. 2005: Arrival timing and seasonal reproductive performance in a long-distance migratory landbird. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 57: 231–239.
- Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020a: Projekt CES. <http://krouzkovaniptaku.cz/projekt-ces/>. Navštíveno 20. 5. 2020.
- Společnost spolupracovníků Kroužkovací stanice 2020b: Projekt RAS. <http://krouzkovaniptaku.cz/projekt-ras/>. Navštíveno 20. 5. 2020.
- Takaki Y., Eguchi K. & Nagata H. 2001: The growth bars on tail feathers in the male Styan's Grasshopper Warbler may indicate quality. *Journal of Avian Biology* 32: 319–325.
- Tøttrup A. P., Klaassen R. H. G., Kristensen M. W., Strandberg R., Vardanis Y., Lindström Å., Rahbek C., Alerstam T. & Thorup K. 2012: Drought in Africa caused delayed arrival of European songbirds. *Science* 338: 1307.
- Valeš Z. 2016: Sedmý rok s projektem RAS. *Kroužkovatel* 21: 5–6.
- Valeš Z. 2018: Rok 2017 a 9. ročník projektu RAS. *Kroužkovatel* 25: 5–6.
- Valeš Z. 2020: Projekt RAS přináší výsledky. *Kroužkovatel* 29: 4–6.
- Visser M. E., Gienapp P., Husby A., Morrissey M., de la Hera I., Pulido F. & Both C. 2015: Effects of spring temperatures on the strength of selection on timing of reproduction in a long-distance migratory bird. *PLoS Biology* 13: e1002120.
- Wierucka K., Halupka L., Klimczuk E. & Sztwiertnia H. 2016: Survival during the breeding season: Nest stage, parental sex, and season advancement affect Reed Warbler survival. *PLoS One* 11: e0148063.

Došlo 2. března 2020, přijato 2. září 2020.
 Received 2 March 2020, accepted 2 September 2020.