

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



Dynamika populace ropuchy zelené (*Bufores viridis*) na lokalitě  
Stupkova v Olomouci

Bc. Barbora Malá

Diplomová práce  
předložená  
na Katedře ekologie a životního prostředí  
Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků  
na získání titulu Mgr. v oboru  
Hydrobiologie  
Vedoucí práce: Mgr. Jan Losík, Ph.D.

Olomouc 2024





Malá B. (2024): Dynamika populace ropuchy zelené (*Bufo viridis*) na lokalitě Stupkova v Olomouci [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci, 54 s. 2 přílohy, česky.

## Abstrakt

Ropucha zelená (*Bufo viridis*) je známá svou schopností přizpůsobit se různým podmínkám prostředí a často se vyskytuje v blízkosti lidských sídel, kde využívá umělé nádrže a zahrady. Navzdory této adaptabilitě se její populace snižují v důsledku ztráty přirozených stanovišť a znečištění vodních zdrojů, což ohrožuje její dlouhodobé přežití. V Olomouci, konkrétně v umělé nádrži na ulici Stupkova, proběhl sedmiletý monitoring populace ropuchy zelené. Hlavním cílem bylo zjistit stav populace, tedy početnost a meziroční přežívání. Byla použita metoda Capture-Recapture a fotoidentifikace. Za celou dobu sledování bylo zaznamenáno 431 jedinců, z toho 307 samců a 124 samic. Výsledky ukazují, že samci jsou větší než samice, je jich více a mají vyšší meziroční přežívání. Dále bylo zjištěno, že setrvávají na lokalitě delší dobu než samice. Výzkum prokázal, že teplota a srážky mají vliv na reprodukční aktivitu jedinců. Byli pozorováni zranění jedinci a mírná změna zbarvení u starších jedinců. Během posledních tří let se velikost populace výrazně snížila.

Klíčová slova: *Bufo viridis*, Capture–Recapture, přežívání, rozmnožování, velikost populace

Malá B. (2024): Population dynamics of the European green toad (*Bufo viridis*) in Stupkova pond in Olomouc [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc, 54 pp. 2 Appendices, Czech.

## Abstract

The green toad (*Bufo viridis*) is known for its ability to adapt to various environmental conditions and often occurs near human settlements, where it utilizes artificial reservoirs and gardens. Despite this adaptability, its populations are declining due to the loss of natural habitats and water pollution, threatening its long-term survival. In Olomouc, specifically in an artificial reservoir on Stupkova Street, a seven-year monitoring of the green toad population was conducted. The main objective was to determine the population status, including abundance and year-to-year survival. The Capture-Recapture method and photo identification were used. Throughout the monitoring period, 431 individuals were recorded, including 307 males and 124 females. The results indicate that males are larger than females, are more numerous, and have higher year-to-year survival rates. Additionally, it was found that males remained at the site for longer periods than females. The research demonstrated that temperature and precipitation affect the reproductive activity of individuals. Injured individuals and slight color changes in older individuals were observed. Over the past three years, the population size has significantly decreased.

Key words: *Bufo viridis*, Capture-Recapture, population size, reproduction, survival

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jana Losíka, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne .....

.....

podpis

## Obsah

Seznam zkratk	viii
Seznam tabulek	ix
Seznam obrázků	x
1. Úvod	1
1.1. Popis studovaného druhu	4
2. Cíle práce	5
3. Materiál a metody	6
3.1. Studované území	6
3.2. Průběh terénních prací	8
3.3. Analýza dat	10
4. Výsledky	11
4.1. Velikost těla samců a samic	12
4.2. Meziroční návratnost jedinců na lokalitu	16
4.3. Odhady demografických parametrů	17
4.3.1. Početnost	18
4.3.2. Poměr pohlaví	20
4.3.3. Meziroční přežívání	21
4.3.4. Doba setrvání na lokalitě	22
4.4. Vliv počasí na reprodukční aktivitu jedinců	24
4.5. Pozorování zraněných a nemocných jedinců	29
4.6. Pozorování změny zbarvení těla jedinců	29
5. Diskuze	30
6. Závěr	35
7. Seznam použité literatury	36
8. Přílohy	41

8.1. Zranění a nemoci .....	41
8.2. Změny zbarvení .....	45

## **Seznam zkratek**

IUCN - International Union for Conservation of Nature, Mezinárodní svaz ochrany přírody

LCI - Lower Confidence Interval, dolní hranice 95% intervalu spolehlivosti

NA - Not Available, nedostatek dat pro výpočet daného parametru

SVL - Snout-vent length, délka těla měřená od hlavy po kloaku

UCI - Upper Confidence Interval, horní hranice 95% intervalu spolehlivosti

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Záznam odchyty jedinců vynechávajících reprodukční sezónu.....	17
Tabulka 2: Pořadí modelů .....	18
Tabulka 3: Celková početnost dospělých samců.....	19
Tabulka 4: Celková početnost dospělých samic .....	20
Tabulka 5: Poměr pohlaví samců a samic .....	20
Tabulka 6: Meziroční přežívání samců .....	21
Tabulka 7: Meziroční přežívání samic .....	22
Tabulka 8: Doba setrvání samců na lokalitě (ve dnech) .....	23
Tabulka 9: Doba setrvání samic na lokalitě (ve dnech) .....	24

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Samec ropuchy zelené .....	4
Obrázek 2: Lokalita na ulici Stupkova .....	7
Obrázek 3: Mapa okolí lokality (QGIS).....	7
Obrázek 4: Měření těla jedince posuvným měřítkem .....	9
Obrázek 5: Zastoupení samců a samic mezi odchycenými jedinci v jednotlivých letech .....	11
Obrázek 6: Počet nově zaevidovaných jedinců .....	12
Obrázek 7: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2016.....	13
Obrázek 8: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2017.....	13
Obrázek 9: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2018.....	14
Obrázek 10: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2019.....	15
Obrázek 11: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2020.....	15
Obrázek 12: Návratnost jedinců na lokalitu .....	16
Obrázek 13: Odhady velikosti populace na základě pravděpodobnosti odchyty .....	19
Obrázek 14: Odhad meziročního přežívání samců a samic .....	21
Obrázek 15: Doba setrvání jedinců na lokalitě ve dnech .....	23
Obrázek 16: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2014.....	24
Obrázek 17: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2015 .....	25
Obrázek 18: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2016 .....	26
Obrázek 19: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2017 .....	26
Obrázek 20: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2018 .....	27
Obrázek 21: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2019 .....	28
Obrázek 22: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2020 .....	28
Obrázek 23: Samec č. 153 v roce 2019 se zraněními na dorzální i ventrální straně těla .....	41
Obrázek 24: Zregenerovaný samec č. 153 v roce 2020 .....	41
Obrázek 25: Samec č. 2019 s poraněním kůže nad okem .....	42



Obrázek 26: Samec č. 225 s šedými skvrnami .....	42
Obrázek 27: Samice v amplexu (č. 265) s řeznou ránou na noze .....	43
Obrázek 28: Samec č. 291 s defektem oka.....	43
Obrázek 29: Samice v amplexu (č. 385) s ránou v oblasti kloaky .....	44
Obrázek 30: Samec č. 425 s poraněním kůže.....	44
Obrázek 31: Samec č. 23 v roce 2014 a 2018 .....	45
Obrázek 32: Samec č. 39 v roce 2014 a 2020 .....	46
Obrázek 33: Samec č. 52 v roce 2015 a 2019 .....	46
Obrázek 34: Samec č. 54 v roce 2016 a 2018 .....	46
Obrázek 35: Samec č. 66 v roce 2016 a 2020 .....	46
Obrázek 36: Samec č. 122 v roce 2016 a 2019 .....	46
Obrázek 37: Samec č. 138 v roce 2016 a 2019 .....	46
Obrázek 38: Samec č. 153 v roce 2016 a 2020 .....	46
Obrázek 39: Samec č. 234 v roce 2017 a 2020 .....	46
Obrázek 40: Porovnání zbarvení těla u adulta a subadulta .....	46

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Janu Losíkovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, konzultace při zpracování výsledků, cenné rady a trpělivost. Také chci poděkovat všem studentům a přátelům za pomoc při terénních odchytech.

## 1. Úvod

Obojživelníci (Amphibia) jsou jednou z nejrozmanitějších skupin obratlovců. Mají zásadní vliv pro fungování ekosystému a přispívají k udržování rovnováhy v životním prostředí (Velasco et al. 2021). Rozdělujeme je do tří základních skupin - Anura (žáby), Caudata (ocasatí) a Gymnophiona (červoři). Databáze AmphibiaWeb k 24. 7. 2024 udává 8 751 druhů obojživelníků, z toho 7 713 druhů žab a ropuch.

Anura jsou vázaní na vodní prostředí, kde se rozmnožují a kladou vajíčka, poté se vracejí zpět na souš (Stebbins & Cohen 1997). Čas strávený ve vodě se pohybuje mezi několika dny až týdny (Maštera & Mašterová 2017). Následně se ve vodním prostředí vyvíjí i larvální stádium pulce, který dýchá žábrami. Z pulce se vyvíjí přes metamorfózu do dospělého jedince, který dýchá plicemi a částečně povrchem těla. Tento přechod z vody na souš je důležitý pro toky energie a živin mezi vodními a suchozemskými ekosystémy (Finlay & Vredenburg 2007, Jeřábková et al. 2013).

Tělesná teplota obojživelníků se mění v závislosti na okolní teplotě, označujeme je jako ektotermní a poikilotermní (Dungel & Řehák 2011). Tito živočichové nemají schopnost aktivně regulovat svou tělesnou teplotu (Gaisler & Zima 2007). Kůže obojživelníků je propustná (Baruš & Oliva 1992), což jim slouží k pomocnému kožnímu dýchání (Wake & Koo 2018) a příjmu vody. Vysoká propustnost může ale také způsobit příjem velkého množství cizorodých látek, který vede k případné infekci (Mikátová & Vlašín 2002). Zdravotní stav obojživelníků tak může být indikátorem kvality okolního prostředí, což z nich činí významné bioindikátory (Jeřábková et al. 2013, Maštera & Mašterová 2017).

Klíčovou rolí v životě obojživelníků je fenologie, zejména u druhů žijících v mírných oblastech, kde je mnoho cyklů aktivity dáno sezónností. Například klimatické rysy, jako je teplota a srážky, ovlivňují migraci, reprodukci a vývoj larev závislých na nestálých vodních plochách. Kromě toho musí dospělí načasovat nadzemní pohyby podle meteorologických podmínek, aby se vyhnuli rizikům spojeným s vysycháním. Fenologie chovu se také může lišit mezi jednotlivci ze stejné populace v důsledku několika faktorů, jako je pohlaví a velikost. U mnoha druhů samci skutečně migrují dříve než samice na místa rozmnožování, aby soutěžili o nejlepší místa ve vodě, kde budou čekat na samice. I když jsou ztráta přirozených stanovišť, infekční nemoci a znečištění považovány za hlavní hrozby pro perzistenci obojživelníků, fenologické změny mohou mít nezanedbatelný vliv na přežití, což vede k úbytku a vymírání druhů,

kteří jsou méně odolné vůči změně klimatu (Beebee 1995, Muths et al. 2017). Posuny směrem k dřívější reprodukci v důsledku klimatických změn postupují u obojživelníků dvakrát rychleji než u jakékoli jiné taxonomické skupiny (Parmesan 2007). Je tedy velmi důležité porozumět tomu, jak klimatické změny ovlivní fenologii obojživelníků, aby bylo možné navrhnout adekvátní opatření na ochranu a management (Dalpasso et al. 2023). *B. viridis* jako druh přizpůsobený klimatické variabilitě může vykazovat flexibilitu v načasování své reprodukční aktivity (Kyriakopoulou-Sklavounou 2000, Sicilia et al. 2006), nicméně posuny ve fenologii chovu mohou mít pro populaci prospěšné i škodlivé důsledky. Dřívější doba reprodukce poskytuje mladým jedincům více času na rozvoj a akumulaci energetických zásob před zimní hibernací (Reading & Clarke 1999, Tryjanowski et al. 2003). Na druhou stranu dřívější rozmnožování může znamenat vývoj pulců v chladnějším prostředí, což může přispívat k jejich zvýšené úmrtnosti. Pulci ropuchy zelené, kteří se vyvinou později v teplejší vodě, mají vyšší míru přežití, ale při metamorfóze jsou menší než pulci vyvíjející se v chladnější vodě (Dastansara et al. 2017).

Velikost populací obojživelníků se mezi jednotlivými roky značně liší, takže je obtížné odhalit systematické trendy v dynamice. Znalost velikosti populací obojživelníků je však klíčová pro hodnocení jejich ochranné hodnoty, odůvodnění ochranných opatření a komunikaci této potřeby široké veřejnosti (Lee et al. 2021). Metaanalýza dynamiky populací obojživelníků ukazuje, že fluktuace abundance jsou větší u post-metamorfních jedinců než u dospělých jedinců (Marsh 2001). Demografické modely populační dynamiky obojživelníků předpovídají, že přežití juvenilních jedinců může hrát důležitou roli při poklesu populací (Vonesh & De la Cruz 2002, Di Minin & Griffiths 2011). Zimní mortalita mladých jedinců ropuchy zelené v přirozeném prostředí je způsobena hlavně predátory hledajícími potravu ve stejných hibernakulech (Sinsch & Schäfer 2016).

Globální úbytek obojživelníků dosahuje obrovských rozměrů. Tento trend je způsoben i antropogenními faktory, z nichž můžeme zmínit např. nadměrné používání chemikálií a agrochemikálií (Beebee & Griffiths 2005) nebo vandalismus. Složitý životní cyklus, který vyžaduje kvalitní vodní i suchozemská stanoviště, činí obojživelníky citlivými na změny prostředí (Wake & Vredenburg 2008). Jsou tak vystaveni velkému tlaku kvůli již zmíněnému úbytku vhodných habitatů, šíření invazních druhů a v některých částech světa i nadměrnému sběru a lovu. Infekční onemocnění, která se v posledních desetiletích objevují, decimují

obojživelníky nemilosrdně i v oblastech málo ovlivněných člověkem nebo přísně chráněných a dobře spravovaných (Jirků & Baláž 2021).

Ve střední Evropě jsou obojživelníci jedna z nejohroženějších skupin (Mikátová & Vlašín 2002). Pokud chceme sledovat stav početnosti druhů, biologické rozmanitosti a zabývat se sledováním změn v prostředí, musíme daný druh dlouhodobě a pravidelně pozorovat. Takový proces se nazývá monitoring (Vlašín & Mikátová 2007). Monitoring je nejlepší provádět v době rozmnožování, kdy obojživelníci migrují k vodním plochám, a to ve velkém počtu. Po zbytek roku je můžeme nacházet spíše soliterně, neboť žijí skrytým způsobem života (Vojar 2007). Průzkumy spočívají v akustickém a vizuálním mapování, kdy se za určité období několikrát kontroluje vybraná vodní plocha. Mohou nám přinést ucelené informace o výskytu daných druhů na konkrétním území, informace o početnosti celé populace a úspěšnosti v rozmnožování.

Touto prací navazuji na svoji bakalářskou práci, kde jsem se zaměřila na jednu populaci ropuchy zelené. Jde o víceletý monitoring druhu žijícího v urbanizované oblasti města Olomouce. Urbanizace se rychle rozšiřuje po celém světě, přirozené krajiny jsou stále více omezené nebo prochází závažnými změnami (Hamer & McDonnell 2008, Kovács & Sas 2010).

V některých městech je ropucha zelená jedním z mála obojživelníků, kteří se vyskytují v městských centrech nebo vysoce urbanizovaných oblastech (Baruš & Oliva 1992, Mazgajka 1996, Tóth- Ronkay et al. 2015). Na rozdíl od přirozených stanovišť představuje městská zástavba rizika spojená s frekventovanými silnicemi (Hamer & McDonnell 2008, Tóth- Ronkay et al. 2015) a populace zde bývají zpravidla více izolovány. Charakteristickým rysem těchto městských oblastí jsou umělé vodní nádrže, např. v parcích, kde je voda řízeně napouštěna a vypouštěna. Tento druh ropuchy však vykazuje značnou toleranci vůči vybetonovaným nádržím vytvořeným člověkem (Mazgajka 1996, Ogielska & Kierzkowski 2010). Problémem může být nesprávná revitalizace či jiné úpravy vodních nádrží, které prakticky neumožňují obojživelníkům toto prostředí využívat (zejména znesnadňují juvenilům po metamorfóze opuštění vody), což vede k neúspěšnosti reprodukce (Parris 2006).

Podle aktuálního Červeného seznamu IUCN (2023) je ropucha zelená klasifikována jako druh "málo dotčený" (Least Concern, LC). Tento status znamená, že v současné době není ohrožena vyhynutím a její populace jsou považovány za stabilní. Tato práce zkoumá dlouhodobě jednu

populaci a měla by částečně přispět k aktualizaci současných vědeckých poznatků o ekologii ropuchy zelené prostřednictvím studia rozmnožovací aktivity populace a být přínosem pro její ochranu.

### 1.1. Popis studovaného druhu

Ropucha zelená (Obr. 1) je středně velká ropucha dosahující velikosti okolo 10 cm. Její oči jsou zelenavé nebo žlutozelené s vodorovnou zornicí. Na hlavě se nacházejí dvě velké parotoidní žlázy. Na přední končetině mají čtyři prsty, na končetině zadní mají prstů pět (Moravec 2019). Zadní nohy jsou silné a přizpůsobené k plavání. Samci mají pod bradou velký hrdelní vak, který je viditelný během volání samic. Samci jsou menší a štíhlejší než samice (Arnold 2002, Maštera & Mašterová 2017), mají objemnější přední nohy a během rozmnožovacího období černé svatební polštářky na vnitřních palcích. Zbarvení této ropuchy je světlejší, zelenavé, světle šedé nebo žlutozelené s dobře definovanými zelenými skvrnami. Vzor samic bývá obvykle kontrastnější (Speybroeck et al. 2016).



Obrázek 1: Samec ropuchy zelené

## **2. Cíle práce**

- Určit poměr pohlaví v populaci
- Stanovit průměry velikostí samců a samic
- Vyhodnotit meziroční návratnost jedinců na lokalitu
- Stanovit odhady hodnot hlavních demografických parametrů
- Popsat vliv počasí na reprodukční aktivitu jedinců

### 3. Materiál a metody

#### 3.1. Studované území

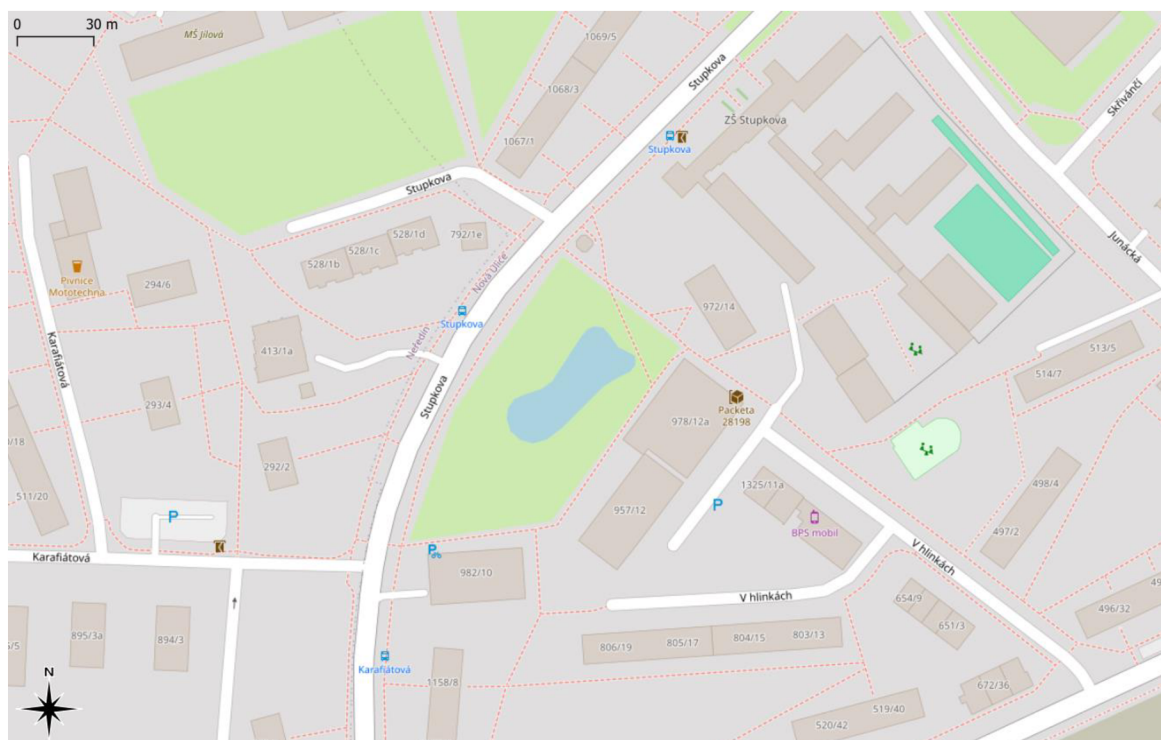
Výzkum byl proveden v umělé nádrži (Obr. 2) na Stupkově ulici v Olomouci (49.587857, 17.231177). Jezírko se nachází v malém parku mezi základní školou a restaurací v obytné části města (Obr. 3). Nádrž z betonových panelů je obklopena kamennou zídkou o výšce přibližně 0,5 metru, která často představuje obtížně překonatelnou překážku pro mladé jedince. Výhodou jsou však škvíry mezi kameny, kde se mohou obojživelníci schovat. Během dne se také mohou zdržovat na dně nádrže. Celková rozloha činí cca 1 049 m<sup>2</sup>. Dno této vodní plochy postupně přechází z mělkého do hlubšího, přičemž největší hloubka, přesahující 1 metr, je uprostřed nádrže. Součástí jezírka je i umělý ostrůvek, na kterém rostou dvě olše lepkavé (*Alnus glutinosa*).

Přítomnost dalších druhů obojživelníků jsem nezaznamenala. Okolní vegetaci tvoří kromě již zmíněných olší lepkavých také borovice černé (*Pinus nigra*) a ojediněle jalovec chvojka (*Juniperus sabina*). Do jezírka ústí dvě trubky, které zajišťují přívod vody a často slouží ropuchám jako další úkryt během dne. O údržbu lokality se starají Technické služby města Olomouce. Ty zajišťují napouštění nádrže většinou na přelomu dubna a května a pečují o její čistotu. V suchých obdobích, kdy výrazně klesne hladina vody, je jezírko opět dopuštěno.





Obrázek 2: Lokalita na ulici Stupkova



Obrázek 3: Mapa okolí lokality (QGIS)

### 3.2. Průběh terénních prací

Výzkum na této lokalitě zahájila Iveta Adamcová v roce 2014, kdy navštívila studované území čtyřikrát v období od 7. května do 11. června a provedla jeden odchyt při každé návštěvě. V následujících dvou letech zvýšila počet odchytů a zkrátila mezi nimi intervaly (Adamcová 2017). V obou letech začala s odchty již v dubnu, přičemž v roce 2015 uskutečnila celkem 37 odchytů a v roce 2016 pak 35 odchytů. V roce 2017 vedla další pozorování Adéla Nejezová, která od 3. května do 13. června provedla 24 odchytů.

Já jsem začala sbírat data od 25. dubna 2018. Na lokalitu jsem docházela hned po napuštění jezírka, které vedlo ropuchy k okamžitému zahájení rozmnožování. Naopak jsem přestala docházet ve chvíli, kdy se tam zdržovalo jen několik jedinců. V tomto roce jsem provedla celkem 32 odchytů, přičemž poslední byl 25. června. Lokalitu jsem navštěvovala vždy dva po sobě jdoucí dny v týdnu a každý den provedla dva odchty, celkem tedy čtyři odchty týdně. Odchty probíhaly ve večerních hodinách, kdy jsou ropuchy nejaktivnější, a byly prováděny pomocí teleskopického rybářského podběráku. Po pečlivém prohledání celé nádrže bylo u každého jedince určeno pohlaví podle morfologie palce. Samci se v době páření vyznačují zrohovatělými pářícími mozoly na třech vnitřních prstech, přičemž nejvýraznější je zesílení báze prvního prstu (Baruš & Oliva 1992). Dále byla změřena velikost těla od hlavy po kloaku (SVL) pomocí posuvného měřítka (Obr. 4) a pořízena fotografie.

Pro výkon terénních prací byli potřeba alespoň dva lidé – první manipuloval s jedincem v gumových rukavicích a druhý fotil a zapisoval jeho velikost. Jedince v amplexu jsem neoddělovala a měřila a fotila je společně. Poté byli jedinci vypuštěni zpět do vody. Před opětovným odchtem byl dodržen časový odstup přibližně jedné hodiny, aby se jedinci mohli v nádrži znovu rozptýlit.

V roce 2019 jsem uskutečnila 28 odchytů v období od 24. dubna do 6. června. Poslední rok byl ovlivněn pandemií Covid-19 a došlo k extrémně pozdnímu napuštění nádrže až koncem května, což značně zkrátilo období reprodukce. V roce 2020 jsem proto provedla pouze 12 odchytů, protože se na lokalitě 14. června zdržovali už jen čtyři jedinci.



Obrázek 4: Měření těla jedince posuvným měřítkem



### 3.3. Analýza dat

Na základě fotografií proběhlo rozlišování jedinců podle přirozených vzorů (pattern maps). Každá fotografie byla porovnána s již stávajícími jedinci v databázi vytvořené v programu Power Point. Pokud byl jedinec již zaevidován, byl zaznamenán jeho výskyt z daného odchytového dne, v opačném případě mu bylo přiřazeno identifikační číslo. U ropuchy zelené byla jako determinační oblast vybrána dorzální část těla v oblasti hlavy (Holicová 2012). Variabilita dorzálních skvrn je natolik vysoká, že nalezení identických vzorů je téměř nemožné (Drobenkov et al. 2006). Následně byla data zaznačena do tabulky v programu Excel, ve kterém jsem vyhotovila i grafy.

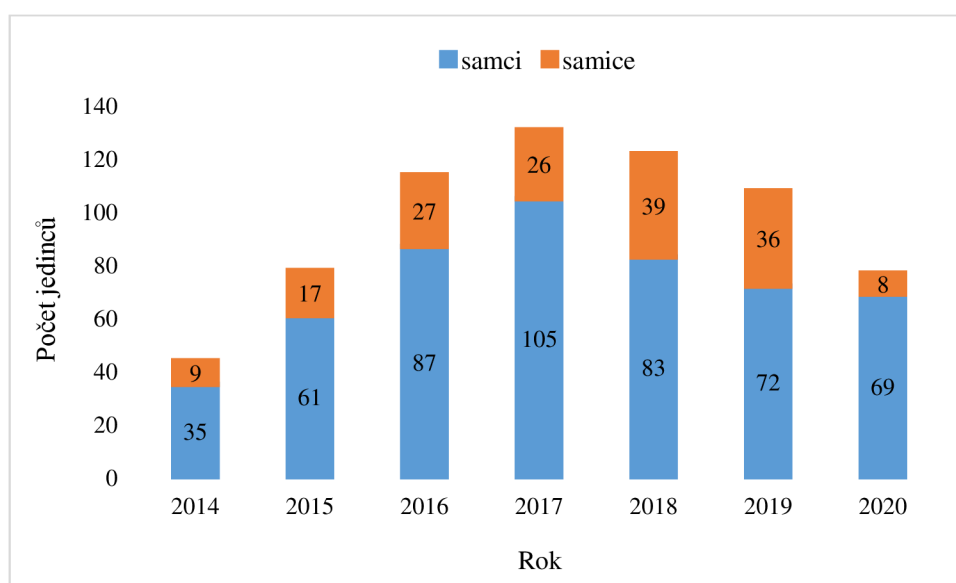
Pro výpočet demografických parametrů jsem použila Open Robust Design multi-state (MSORD) model v programu MARK. Ten používá k hodnocení modelů Akaikeho informační kritérium (AIC) a metodu „maximum likelihood“. Tímto způsobem lze snadno vybrat modely, které mají největší podporu v datech (Cooch & White 2014).

Z archivu Českého hydrometeorologického ústavu jsem získala data o průměrné denní teplotě a úhrnu srážek pro všechny dny v rámci jednotlivých odchytové sezón. Následně jsem pro každý rok vytvořila kombinovaný graf, kde jsem zaznačila data o počasí a počtu zaznamenaných jedinců.

## 4. Výsledky

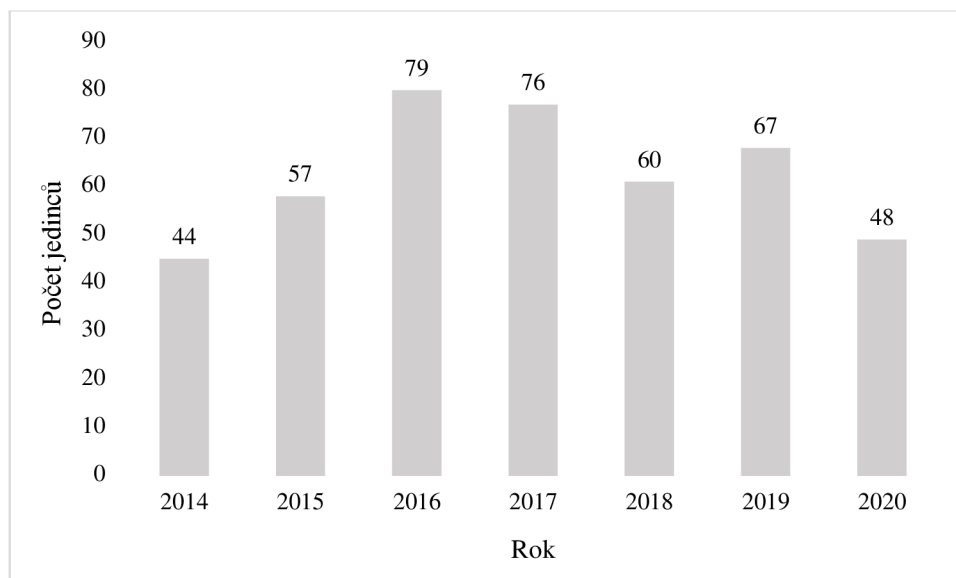
Po sedmi letech sledování zahrnuje databáze celkem 431 jedinců, z toho 307 samců a 124 samic. Nejmenší počet jedinců byl zaznamenán během prvního roku výzkumu. Kvůli vyvíjející se metodě odchyty bylo tehdy do databáze zařazeno jen 44 ropuch (Obr. 5). V následujících letech počet jedinců postupně rostl a vrcholu dosáhl v roce 2017, kdy bylo evidováno 131 jedinců na lokalitě. Poté se počet jedinců postupně snižoval. V roce 2018 jich bylo 122, v roce 2019 to bylo 108 a poslední sezóna byla nejméně úspěšná s celkovým počtem 77 jedinců.

Ve všech letech převyšoval počet samců. V roce 2014 bylo zaznamenáno 35 samců a 9 samic. Následující rok, 2015, se počty zvýšily na 61 samců a 17 samic. Trend růstu pokračoval i v roce 2016, kdy bylo pozorováno 87 samců a 27 samic. Rok 2017 přinesl nejvyšší počet samců, konkrétně 105, zatímco počet samic mírně klesl na 26. V roce 2018 se populace samců snížila na 83, avšak počet samic vzrostl na 39. V roce 2019 byly zaznamenány počty 72 samců a 36 samic. V posledním sledovaném roce 2020 došlo k dalšímu poklesu u samců, kterých bylo 69, a počet samic výrazně klesl na 8.



Obrázek 5: Zastoupení samců a samic mezi odchycenými jedinci v jednotlivých letech

Zatímco celkový počet jedinců se postupně zvyšoval a následně snižoval, počet nově zaevidovaných jedinců dosáhl dvou vrcholů v letech 2016 a 2019 (Obr. 6). Nejméně nových jedinců bylo první a poslední rok zkoumaného období.

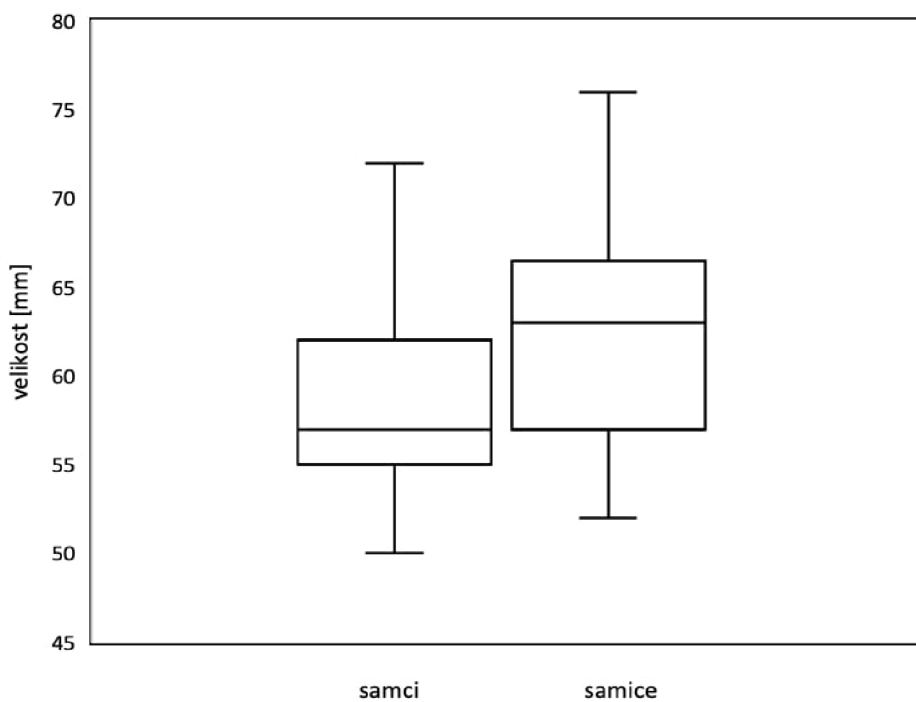


Obrázek 6: Počet nově zaevidovaných jedinců

#### 4.1. Velikost těla samců a samic

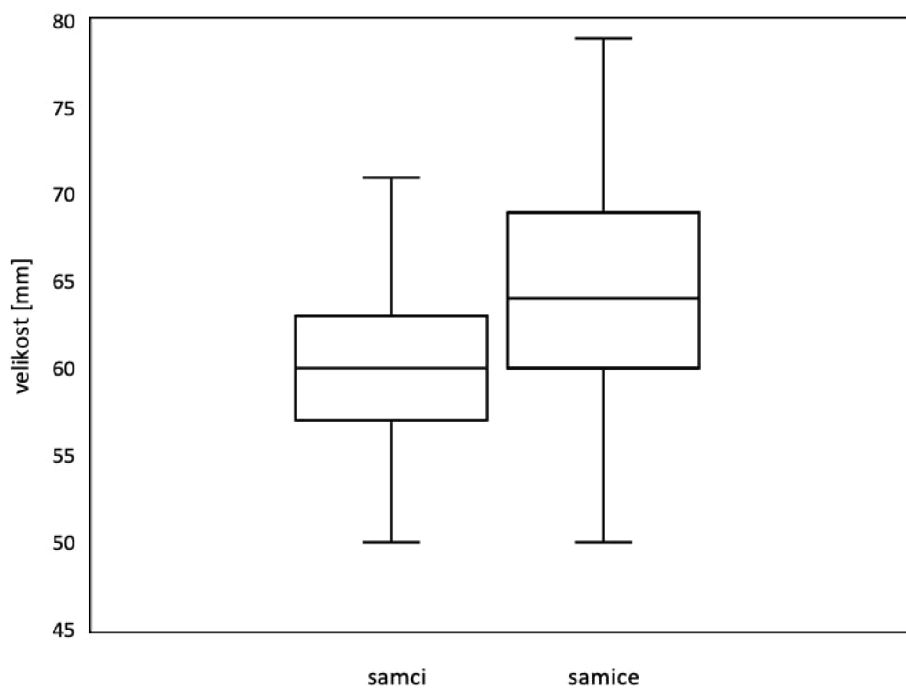
Při odchycích byla měřena délka jednotlivých jedinců. Zprůměrovala jsem naměřené velikosti pro každého jedince za všechny odchycy v daném roce. Následně jsem tyto průměry zprůměrovala pro kategorii samců a samic a znázornila ve formě boxplotů pro každý rok zvlášť (Obr. 7-11). Byly prokázány signifikantní rozdíly ve velikosti mezi samci a samicemi ve všech zkoumaných letech (2016-2020). V rámci analýzy byly ve dvou případech provedeny dvouvýběrové t-testy se shodnými rozptyly (2018, 2019) a ve třech případech dvouvýběrové t-testy s neshodnými rozptyly (2016, 2017 a 2020). Shodnost rozptylů se předem testovala pomocí f-testu. Pro roky 2014 a 2015 chybí data.

Průměrná velikost samců v roce 2016 byla 58,3 mm a samice měřily průměrně 63 mm (Obr. 7). Výsledek t-testu byl  $t = 3,25$ ;  $Df = 34$ ,  $\alpha = 0,05$ ;  $p < 0,01$ .



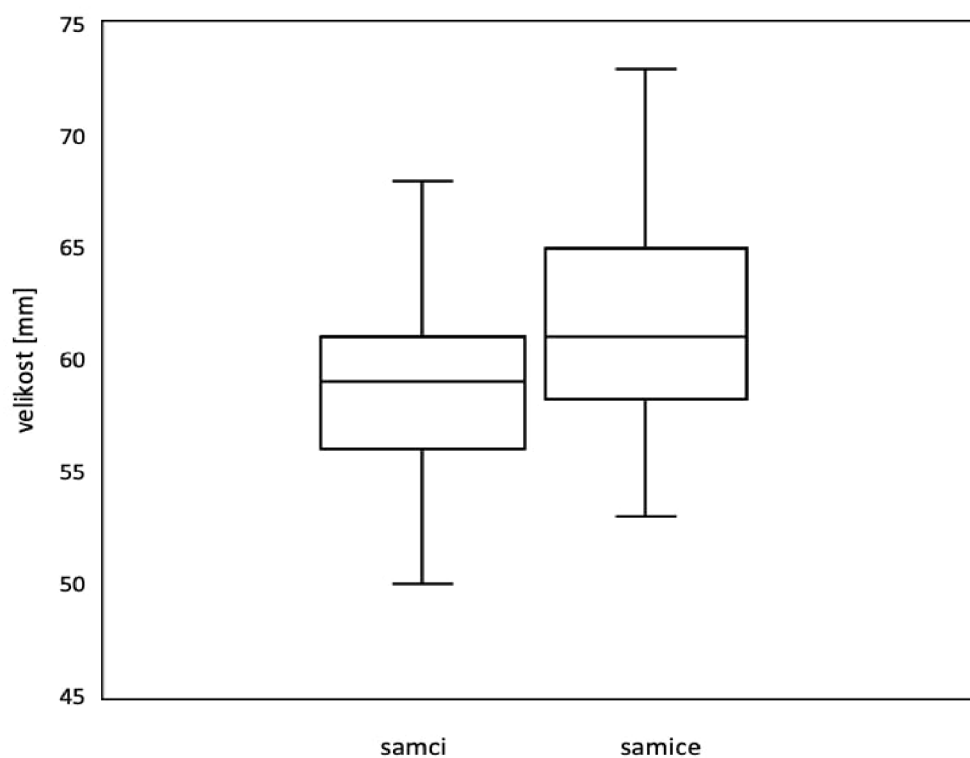
Obrázek 7: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2016

Průměrná velikost samců v roce 2017 byla 60,3 mm a samice měřily průměrně 65,2 mm (Obr. 8). Výsledek t-testu byl  $t = 3,51$ ;  $Df = 31$ ,  $\alpha = 0,05$ ;  $p < 0,01$ .



Obrázek 8: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2017

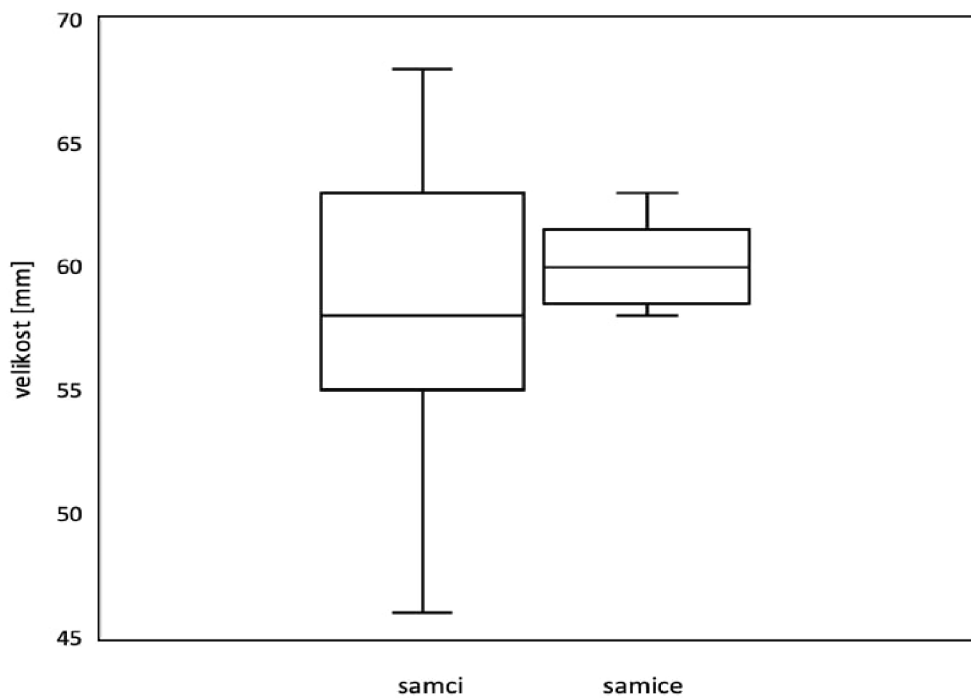
Průměrná velikost samců v roce 2018 byla 59 mm a samice měřily průměrně 62,1 mm (Obr. 9). Výsledek t-testu byl  $t = 2,92$ ;  $Df = 121$ ,  $\alpha = 0,05$ ;  $p < 0,01$



Obrázek 9: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2018

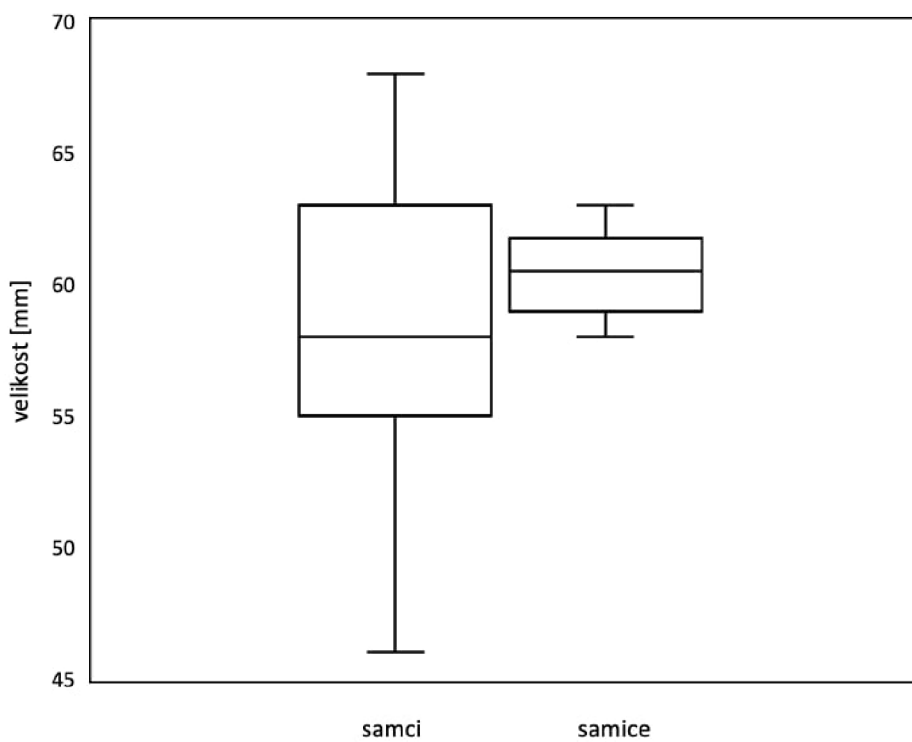
Průměrná velikost samců v roce 2019 byla 57,6 mm a samice měřily průměrně 63,8 mm (Obr. 10). Výsledek t-testu byl  $t = 6,65$ ;  $Df = 106$ ,  $\alpha = 0,05$ ;  $p < 0,01$ .





Obrázek 10: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2019

Průměrná velikost samců v roce 2020 byla 58,5 mm a samice měřily průměrně 60,4 mm (Obr. 11). Výsledek t-testu byl  $t = 2,17$ ;  $Df = 28$ ,  $\alpha = 0,05$ ;  $p = 0,04$ ;  $p < 0,05$ .

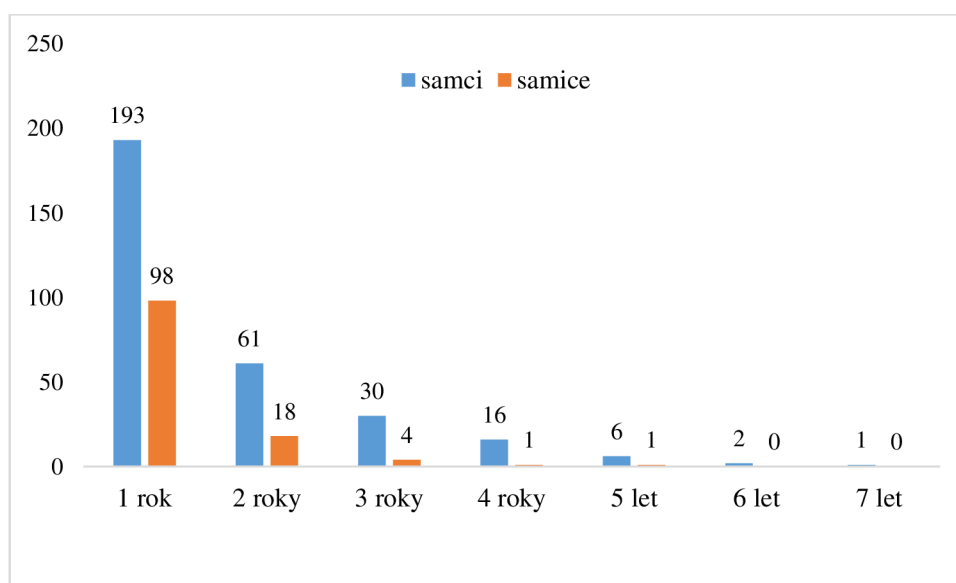


Obrázek 11: Porovnání průměrné velikosti těla samců a samic v roce 2020

Samice byly ve všech letech průměrně větší, avšak variabilita velikosti jejich těla v posledních dvou letech poklesla. Největší naměřená velikost samce byla 74 mm (v roce 2017), nejmenší 44 mm (2019). Největší samice měřila 81 mm (2016), nejmenší 54 mm (2019).

## 4.2. Meziroční návratnost jedinců na lokalitu

S využitím dat z předchozích výzkumů jsem mohla zhodnotit populaci v čase a určit, zda se jedinci do nádrže každoročně vrací. Graf ukazuje, kolik jedinců se na lokalitě vyskytlo opakovaně, resp. kolikrát se přišli rozmnožovat. Celkem 291 jedinců se vyskytlo na lokalitě jen jeden rok (Obr. 12). Samec č. 39 byl jediný, který se na lokalitě objevoval pravidelně po dobu celého výzkumu. Většina jedinců, kteří byli odchyceni více než jednou, byla zachycena v průběhu několika sezón po sobě. Nicméně celkem 7 jedinců však nebylo odchyceno 1 sezónu mezi těmi, kdy zachyceni byli (Tab. 1). Mohlo se stát, že v dané sezóně přišli na lokalitu za účelem reprodukce, avšak nepodařilo se je odchytit.



Obrázek 12: Návratnost jedinců na lokalitu

Tabulka 1: Záznam odchyty jedinců vynechávajících reprodukční sezónu

Jedinec	Sex	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
23	M	1	1	1	0	1	0	0
30	M	1	0	1	0	0	0	0
83	F	0	1	0	1	1	1	0
122	M	0	0	1	0	1	1	0
153	M	0	0	1	0	1	1	1
160	M	0	0	1	0	1	0	0
164	F	0	0	1	0	1	0	0

0 – jedinec nezachycen

1 – jedinec zachycen

### 4.3. Odhady demografických parametrů

Model s nejnižší hodnotou AICc, což je nejjednodušší model, který adekvátně popisuje nasbíraná data, je hodnocen jako nejlepší (Tab. 2). V tomto případě model naznačuje, že pravděpodobnosti přežívání a vstupu do populace jsou ovlivněny interakcí mezi pohlavím a časem, zatímco pravděpodobnost odchyty se mění pouze v čase. Průměrná pravděpodobnost odchyty byla velmi vysoká, což znamená, že se při odchytech pochytili téměř všichni přítomní jedinci.

Tabulka 2: Pořadí modelů

Model	AICc	Delta AICc	Model Likelihood	Num. Par
{Phi(g*t) p(t) pent(g*t)}	936,7942	0	1	27
{Phi(g) p(t) pent(g*t)}	942,3088	5,5146	0,0635	17
{Phi(g*t) p(.) pent(g*t)}	945,2135	8,4193	0,0149	25
{Phi(g*t) p(g) pent(g*t)}	947,2624	10,4682	0,0053	26
{Phi(g*t) p(t) pent(t)}	951,5924	14,7982	0,0006	21
{Phi(t) p(t) pent(g*t)}	952,1742	15,38	0,0005	21
{Phi(g*t) p(g*t) pent(g*t)}	957,6335	20,8393	0	38
{Phi(.) p(t) pent(g*t)}	964,0253	27,2311	0	16

(Phi) – pravděpodobnost přežívání

(p) – pravděpodobnost odchytu

(pent) – pravděpodobnost vstupu do populace

(N) – velikost super populace

(.) – parametr konstantní

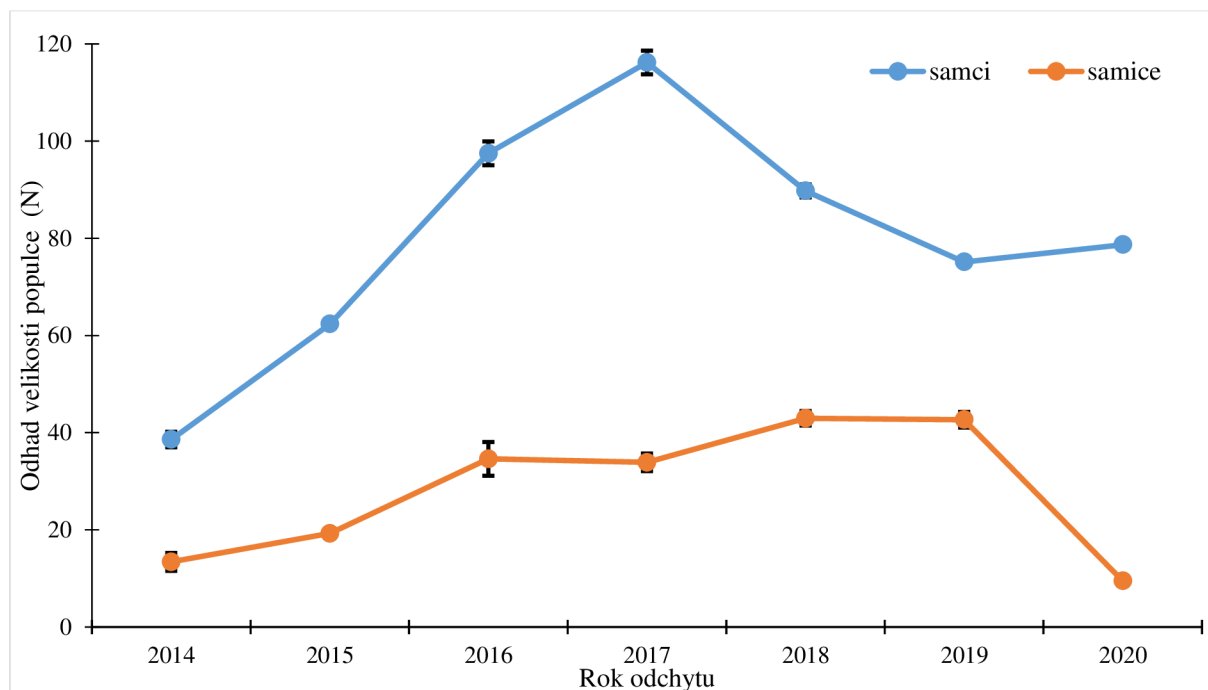
(g) – parametr s kategorickou proměnlivostí (pohlaví)

(t) – parametr s časovou proměnlivostí

(g\*t) – interakce kategorické a časové proměnné

### 4.3.1. Početnost

Celkový odhad velikosti populace vykazoval v letech 2014-2016 rostoucí trend (Obr. 13; Tab. 3, 4). Tento trend pokračoval i u samců v roce 2017, kdy došlo k dalšímu zvýšení jejich početnosti. Naopak u samic byl v roce 2017 zaznamenán mírný pokles celkové velikosti populace. Rok 2018 přinesl výrazný pokles početnosti samců, zatímco počet samic mírně vzrostl. V roce 2019 pokračoval trend úbytku samců, populace samic zůstala stabilní. V posledním sledovaném roce se počet samců ustálil, avšak došlo k výraznému poklesu počtu samic.



Obrázek 13: Odhady velikosti populace na základě pravděpodobnosti odchytu

Tabulka 3: Celková početnost dospělých samců

Rok	Odhad početnosti	LCI	UCI
2014	38,57	35,44	41,70
2015	62,37	61,01	63,72
2016	97,48	92,68	102,28
2017	116,18	111,39	120,96
2018	89,74	87,13	92,35
2019	75,12	73,32	76,92
2020	78,67	NA	NA

Tabulka 4: Celková početnost dospělých samic

Rok	Odhad početnosti	LCI	UCI
2014	13,41	9,77	17,03
2015	19,25	17,28	21,22
2016	34,61	27,81	41,41
2017	33,89	30,34	37,43
2018	42,95	40,05	45,85
2019	42,65	39,47	45,83
2020	9,49	NA	NA

### 4.3.2. Poměr pohlaví

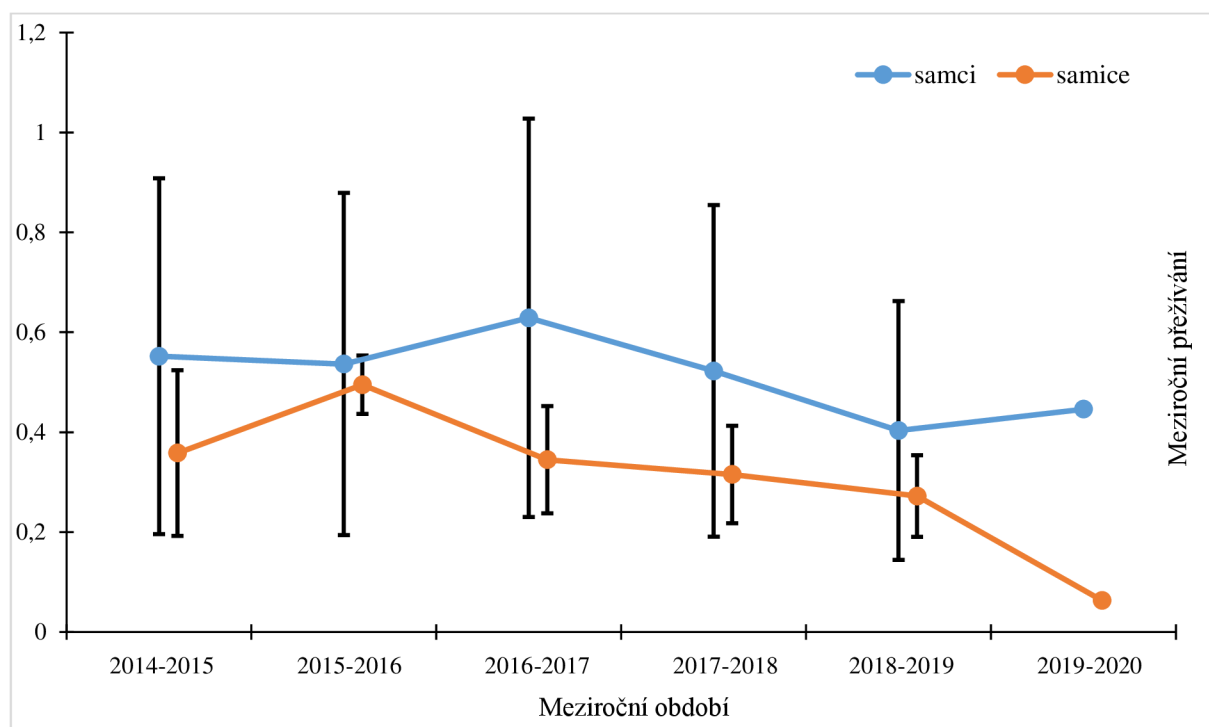
Na základě odhadovaných početností dospělých samců a samic z modelu byly vypočítány poměry pohlaví (samci/samice) pro jednotlivé roky. Tento poměr byl ve všech sledovaných letech nevyvážený ve prospěch samců (Tab. 5). Průměrný poměr pohlaví mezi jednotlivými roky byl 3,5. Vypočítala jsem i průměr bez posledního sledovaného roku, který by tuto hodnotu mohl výrazně zkreslit. Poměr pohlaví se v jednotlivých letech liší, přičemž nejvyšší poměr byl zaznamenán v roce 2020 (8,29 samců na jednu samici) a nejnižší v roce 2019 (1,76 samců na jednu samici).

Tabulka 5: Poměr pohlaví samců a samic

Rok	Odhad početnosti - samci	Odhad početnosti - samice	Poměr
2014	38,57	13,41	2,88
2015	62,37	19,25	3,24
2016	97,48	34,61	2,82
2017	116,18	33,89	3,43
2018	89,74	42,95	2,09
2019	75,12	42,65	1,76
2020	78,67	9,49	8,29
Průměr bez roku 2020			2,7
Celkový průměr			3,5

### 4.3.3. Meziroční přežívání

Celkově lze říci, že míra meziročního přežívání samců byla ve všech sledovaných obdobích vyšší než míra přežívání samic (Obr. 14; Tab. 6, 7). Zatímco míra přežívání samců kolísala mezi 0,40 a 0,63; u samic se pohybovala v rozmezí od 0,06 do 0,50. Nejvýraznější rozdíl mezi samci a samicemi byl zaznamenán v období 2019-2020.



Obrázek 14: Odhad meziročního přežívání samců a samic

Tabulka 6: Meziroční přežívání samců

Období	Odhad míry přežívání	LCI	UCI
2014-2015	0,55	0,07	0,95
2015-2016	0,54	0,07	0,95
2016-2017	0,63	0,06	0,98
2017-2018	0,52	0,07	0,94
2018-2019	0,40	0,08	0,85
2019-2020	0,45	NA	NA

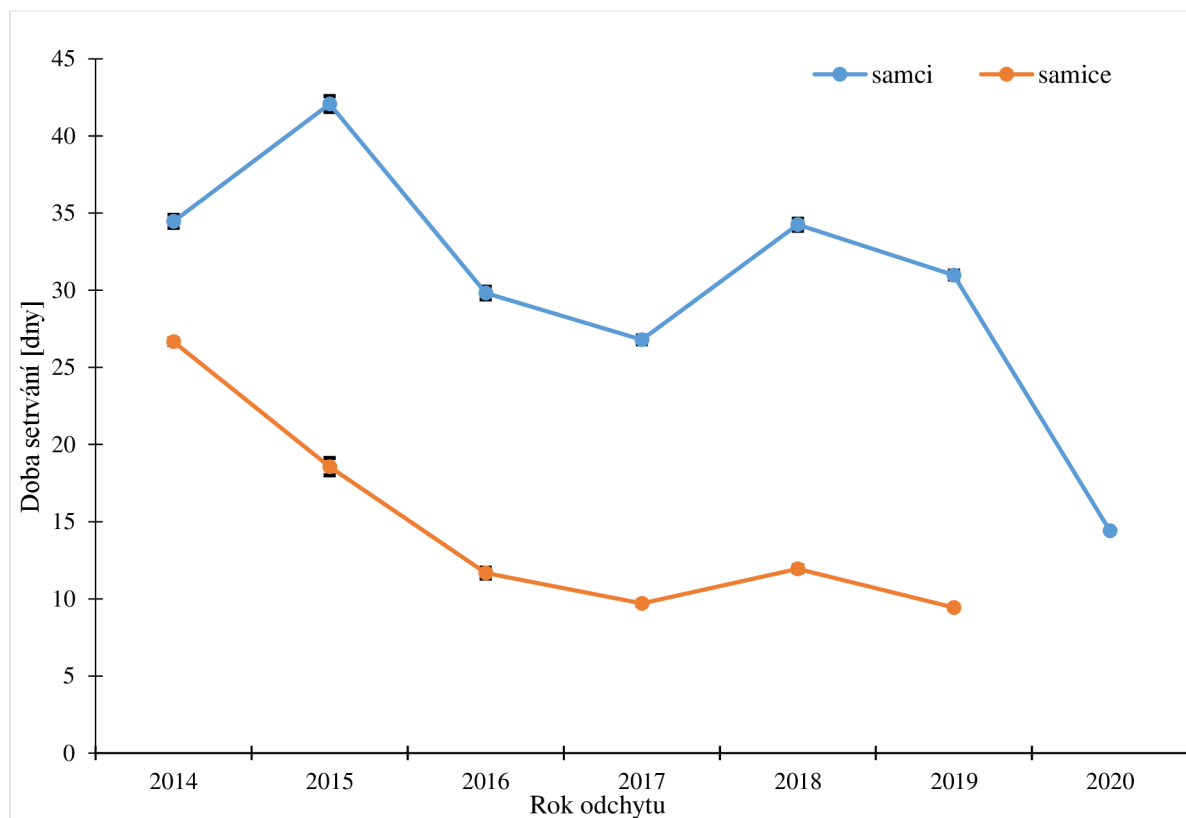
Tabulka 7: Meziroční přežívání samic

Období	Odhad míry přežívání	LCI	UCI
2014-2015	0,36	0,12	0,70
2015-2016	0,50	0,38	0,61
2016-2017	0,34	0,17	0,57
2017-2018	0,32	0,16	0,53
2018-2019	0,27	0,14	0,46
2019-2020	0,06	NA	NA

#### 4.3.4. Doba setrvání na lokalitě

Samci setrvali na lokalitě delší dobu než samice (Obr. 15; Tab. 8, 9). U samců byly pozorovány dva vrcholy doby setrvání, konkrétně v letech 2015 a 2018. V roce 2019 došlo k mírnému poklesu a rok 2020 představoval jejich výrazný pokles. Samice vykazovaly trvalý pokles doby setrvání až do roku 2017. V roce 2018 došlo k mírnému zvýšení průměrné doby setrvání. V roce 2019 samice dosáhly nejkratšího setrvání v porovnání s ostatními roky. Pro rok 2020 nebylo dostatek dat, takže nebyl do modelu zahrnut.





Obrázek 15: Doba setrvání jedinců na lokalitě ve dnech

Tabulka 8: Doba setrvání samců na lokalitě (ve dnech)

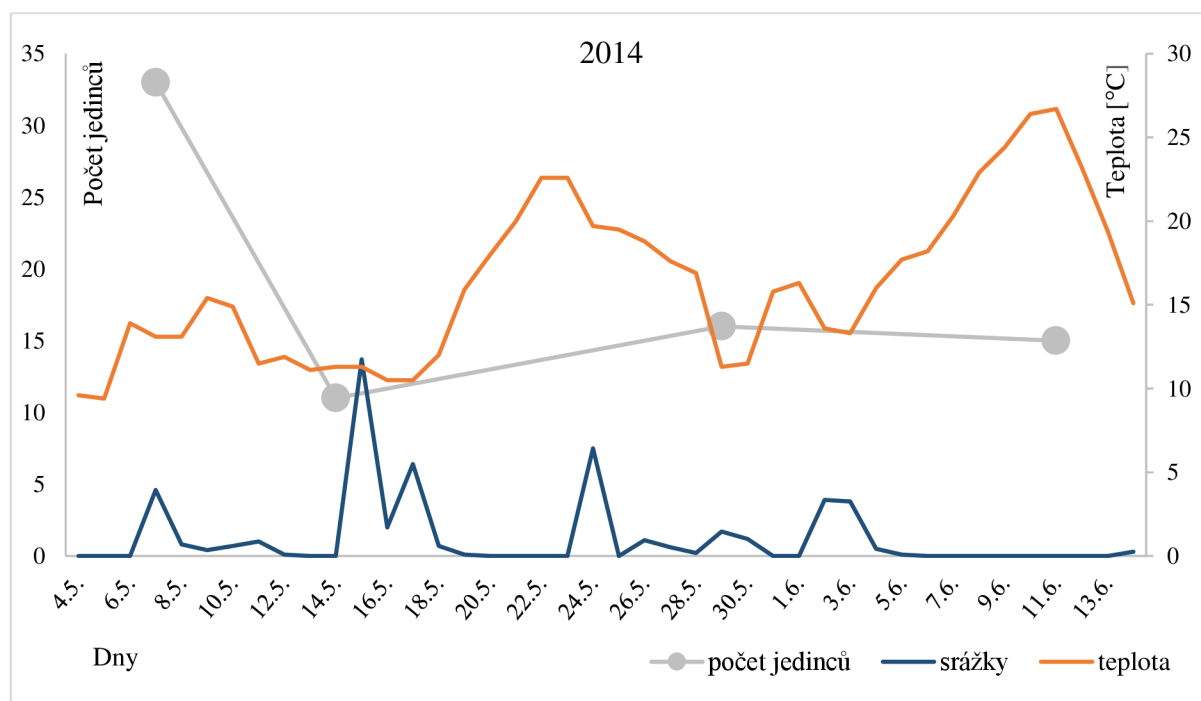
Rok	Odhad doby setrvání (dny)	LCI	UCI
2014	34,47	24,91	44,03
2015	42,08	35,69	48,47
2016	29,82	25,71	33,93
2017	26,79	23,13	30,44
2018	34,25	29,09	39,42
2019	30,99	27,08	34,90
2020	14,40	NA	NA

Tabulka 9: Doba setrvání samic na lokalitě (ve dnech)

Rok	Odhad doby setrvání (dny)	LCI	UCI
2014	26,66	21,76	31,57
2015	18,56	11,65	25,48
2016	11,67	8,15	15,18
2017	9,70	7,49	11,91
2018	11,94	9,10	14,79
2019	9,43	7,78	11,09
2020	NA	NA	NA

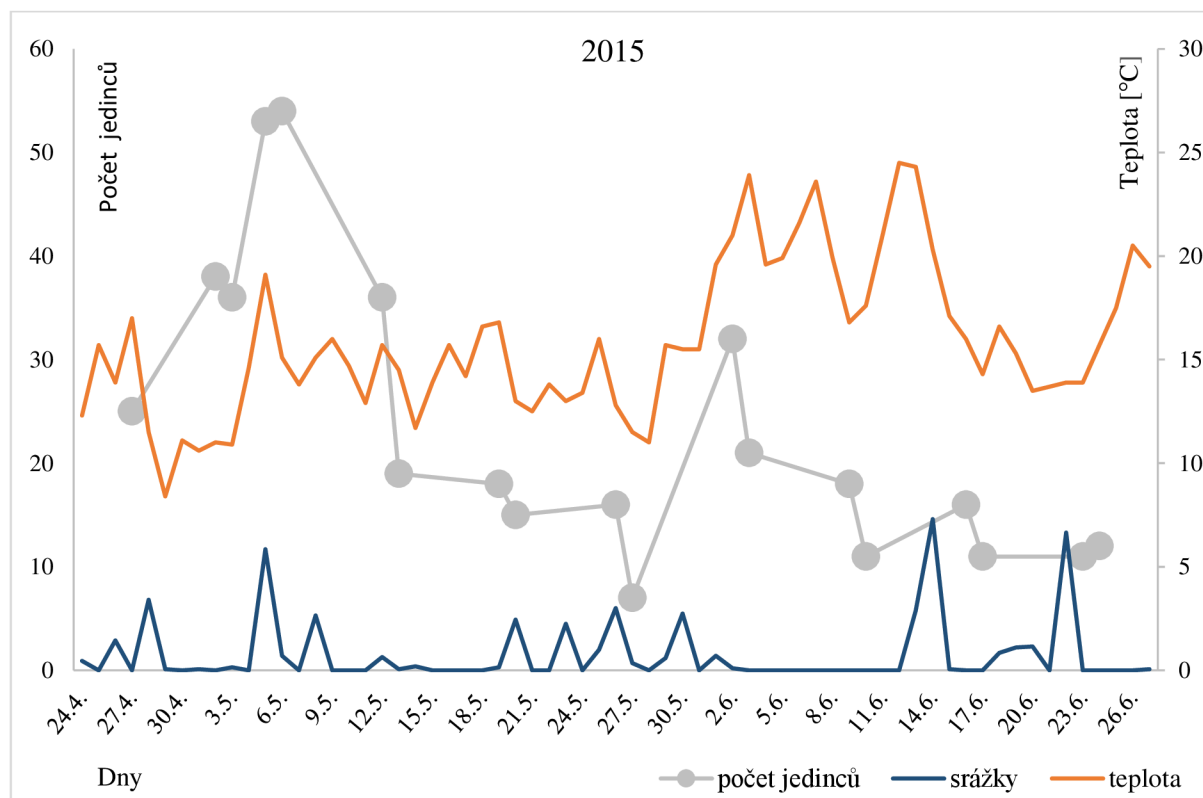
#### 4.4. Vliv počasí na reprodukční aktivitu jedinců

Rozhodla jsem se analyzovat data o průměrných denních teplotách a úhrnu srážek během odchytových dní v letech 2014-2020 a vyhodnotit, jak tyto faktory korelují s počtem jedinců v populaci ropuchy zelené. Během prvního roku sledování byl nejvyšší počet jedinců odchycen dne 7. května, kdy byl naměřen úhrn srážek 4,6 mm (Obr. 16). Po tomto datu počet jedinců poklesl a do konce sezóny zůstal stabilní.



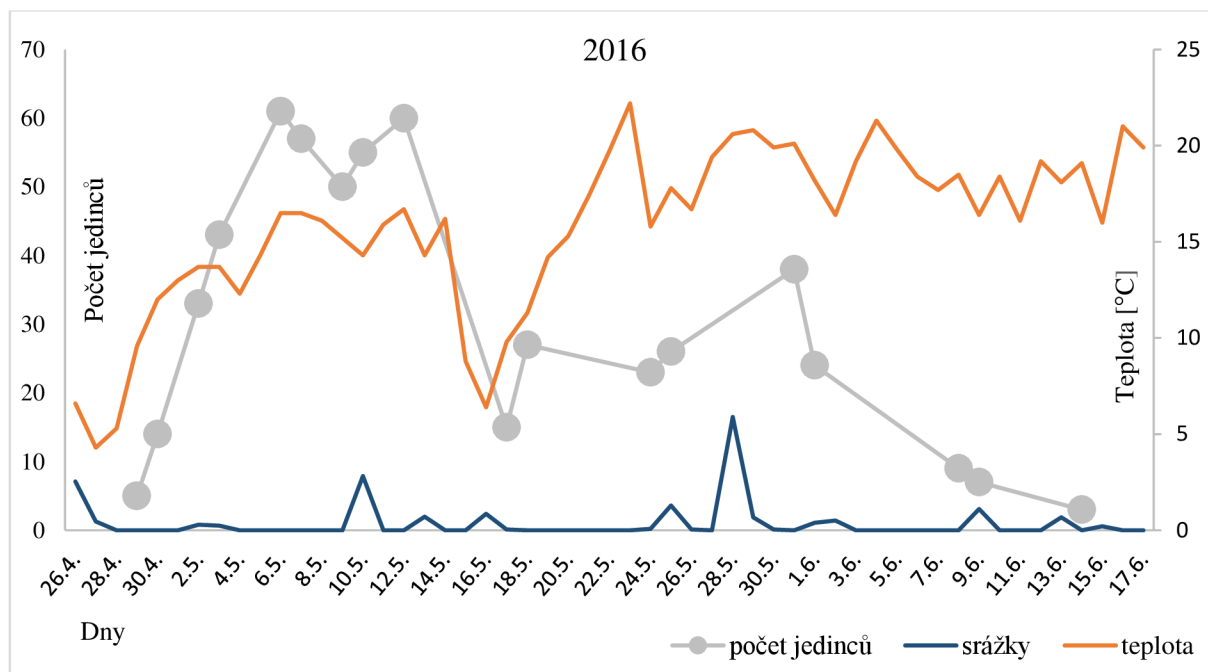
Obrázek 16: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2014

V roce 2015 byly zaznamenány dva vrcholy rozmnožování, přičemž oba korespondovaly s výrazným zvýšením teplot a výskytem srážek (Obr. 17). Nicméně, ostatní dny odchytu neprokázaly žádnou významnou závislost na těchto faktorech.



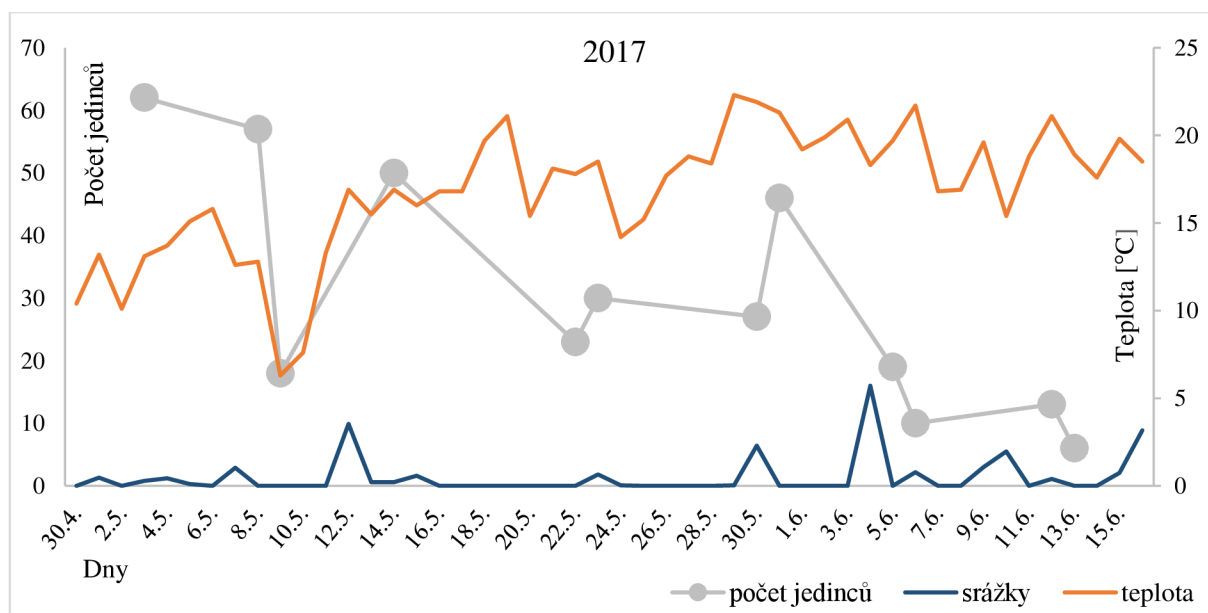
Obrázek 17: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2015

V roce 2016 došlo od počátku odchytové sezóny k postupnému nárůstu počtu jedinců (Obr. 18). Teplota se také zvyšovala, avšak srážky byly minimální. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán v první polovině května, konkrétně 6. a 9. května (61 a 50 jedinců) při teplotách mezi 14,3°C a 16,5°C. Následně došlo k markantnímu poklesu teploty i počtu jedinců. I přes další výrazné zvýšení teploty počet jedinců jen mírně vzrostl. Na konci května byl zaznamenán významný počet jedinců po vydatných srážkách (16,5 mm). Během června populace postupně klesala, i když teploty rostly a srážky byly téměř zanedbatelné.



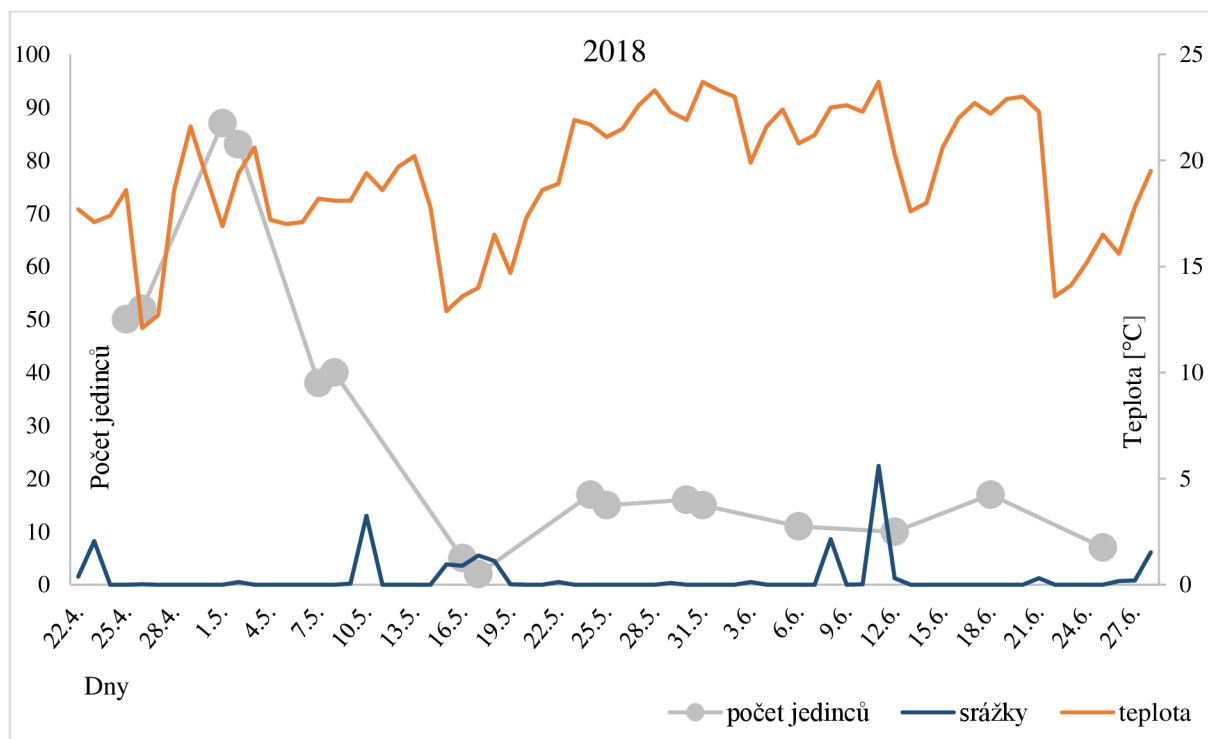
Obrázek 18: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2016

V roce 2017 bylo nejvíce jedinců zaznamenáno na začátku května (Obr. 19). Pokles teploty následně vedl i k poklesu počtu jedinců. Při dalším odchytu, kdy teplota opět výrazně stoupla, byl zaznamenán nárůst počtu jedinců. Tento nárůst mohl být podpořen srážkami, které byly zaznamenány dva dny předtím. Následně počet jedinců kolísavě klesal, avšak 31. května, po dalších srážkách, došlo k významnému zvýšení počtu jedinců. Po dalších vydatných srážkách však populace nadále klesala.



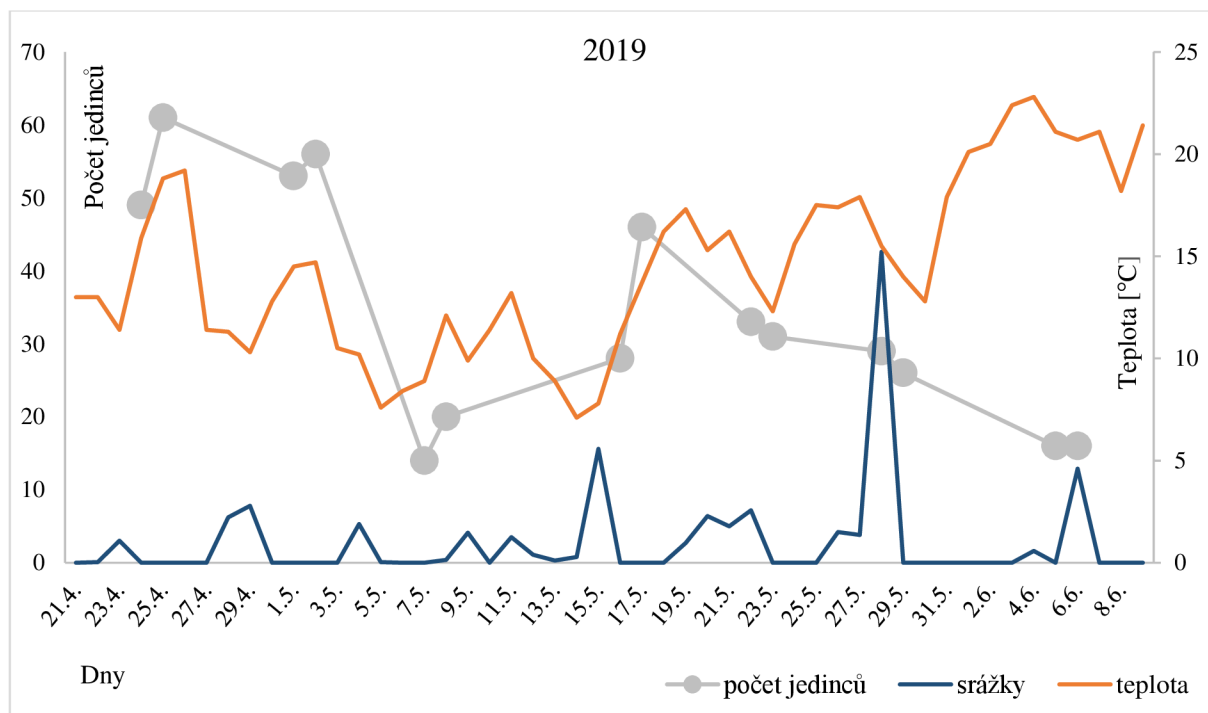
Obrázek 19: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2017

Rok 2018 zaznamenal jeden vrchol rozmnožovacího období (Obr. 20). Nejvyšší počet jedinců byl odchycen dne 1. května, kdy bylo zaznamenáno 87 jedinců. Poté následoval výrazný pokles jejich počtu. Po prudkém snížení teploty bylo na lokalitě zaznamenáno pouze 5 jedinců. S postupným nárůstem teploty došlo k mírnému zvýšení počtu jedinců, avšak tento počet zůstal až do konce sezóny zanedbatelný. Ani vydatné červnové srážky nevedly k významnému nárůstu počtu jedinců.



Obrázek 20: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2018

V roce 2019 bylo, na rozdíl od předchozích let, nejvíce jedinců odchyceno již na konci dubna (Obr. 21). Při následném odchytu byl počet jedinců o něco nižší. Ve srovnání s předchozím odchytom byla zaznamenána i nižší teplota. Následoval prudký pokles teploty, který vedl k výraznému úbytku jedinců. S postupným nárůstem teploty se počet jedinců opět zvyšoval. Dne 15. května byly naměřeny vydatné srážky a o dva dny později bylo odchyceno početné množství 46 jedinců. Poté počet jedinců postupně klesal až do konce odchytové sezóny, přestože teplota stále stoupala a byly zaznamenány značné úhrny srážek.



Obrázek 21: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2019

Reprodukční období v roce 2020 bylo charakteristické svou krátkou délkou (Obr. 22). Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán 8. června po vydatných srážkách. V následujícím týdnu však byli na lokalitě zaznamenáni pouze čtyři jedinci, což vedlo k ukončení monitoringu pro tento rok.



Obrázek 22: Vztah mezi počtem jedinců, úhrnem srážek a teplotou v roce 2020

#### **4.5. Pozorování zraněných a nemocných jedinců**

V posledních dvou letech pozorování jsem na lokalitě identifikovala zraněné a nemocné jedince. Pozoruhodné bylo sledování samce, který byl v roce 2019 odchycen s poraněním na ventrální i dorzální straně těla (Obr. 23). Tento jedinec však v následujícím roce nevykazoval žádné známky těchto zranění (Obr. 24). Další jedinci měly poranění kůže (Obr. 25, 27, 29, 30) a jeden měl po celé dorzální straně těla malé šedé skvrny (Obr. 26). V daném roce byl odchycen celkem šestkrát, přičemž známky tohoto onemocnění vykazoval ve všech odchycích. V dalším roce jsem ho již nezaznamenala. V roce 2020 jsem zaznamenala dva mrtvé jedince na dně nádrže a také jedince s defektem oka (Obr. 28), který se mu vytvořil ze dne na den. 31. května nejevil žádné známky problému a při odchytu 1. června byl pozorována břehu zcela nehybný s postiženým okem.

#### **4.6. Pozorování změny zbarvení těla jedinců**

Při porovnávání fotografií samců, kteří se na lokalitě vyskytovali více let, jsem zaznamenala změny v jejich zbarvení (Obr. 31-39) Mladší samci měli většinou tmavě zelené skvrny na světle hnědém podkladu. U starších jedinců docházelo k zesvětlování těchto skvrn a ztrátě jejich původních výrazných kontur, což u některých vedlo až k úplnému splynutí s podkladem, jelikož jejich tělo současně měnilo barvu do zelena. Na obrázku 40 je fotografie z roku 2020. Větší samec byl na lokalitě zaznamenáván od roku 2016, zatímco menší samec byl na lokalitě zachycen poprvé. Během sledování se podařilo zachytit jednu samici čtyři sezóny po sobě a jednu samici dokonce pět sezón za sebou. U žádné z nich jsem však podobné změny nepozorovala.

## 5. Diskuze

Monitorování populace ropuchy zelené v umělé nádrži na ulici Stupkova probíhalo po dobu sedmi let. Počty odchycených samců a samic se mírně liší od zjištění Adamcové (2015, 2017) a Nejezové (2018), přestože navazují na jejich práce. V průběhu let sledování byla data upřesňována, například při identifikaci duplicitních jedinců nebo při chybném určení pohlaví. Celkově bylo zaznamenáno 431 jedinců, z toho 307 samců a 124 samic v nádrži s rozlohou 1 049 m<sup>2</sup>, což odpovídá hustotě populace přibližně 0,410 jedinců na m<sup>2</sup>. Čižmárová (2020) ve své práci prezentuje výsledky monitoringu v období 2017–2019 v parkovém jezírku o rozloze 1 871 m<sup>2</sup> ve Smetanových sadech v Olomouci, kde evidovala celkem 178 jedinců (114 samců a 64 samic). Hustota populace na lokalitě Smetanovy sady vychází přibližně 0,095 jedinců na m<sup>2</sup>. Aby bylo možné hustoty populací porovnat, je nutné porovnávat stejně dlouhá období pozorování, ideálně v rámci stejných let. V letech 2017–2019 bylo na lokalitě Stupkova evidováno 263 jedinců, z čehož vyplývá hustota populace 0,251 jedinců na m<sup>2</sup>. Je zřejmé, že hustota populace na lokalitě Stupkova je výrazně větší než na lokalitě Smetanovy sady. Kvalita studovaných lokalit je srovnatelná, avšak na lokalitě Smetanovy sady je přítomno vodní ptactvo, které by mohlo ovlivňovat celkovou velikost populace ropuchy predací.

V prvních letech sledování populace vykazovala vzestupný trend, avšak od roku 2018 její početnost klesá. Nemusí se však jednat o trvalý pokles, protože početnost populace může kolísat. Mazgajaska a Mazgajski (2020) sledovali stav dospělých jedinců rodu *Bufo bufo* a *Bufo viridis* ve čtyřech po sobě jdoucích sezónách ve Varšavě. V roce 2011 zaznamenali 58 jedinců *B. bufo*, v roce 2012 jejich počet vzrostl na 116, následně v roce 2013 poklesl na 88 a v posledním roce zaznamenali 90 jedinců. Tento trend vykazuje kolísavý charakter. V roce 2011 zaznamenali celkem 4 jedince zástupců rodu *B. viridis*, v roce 2012 jejich počet vzrostl na 27, v roce 2013 evidovali 13 jedinců a stejný počet i v posledním roce. Tento trend tedy rovněž vykazuje vzestupný a sestupný charakter podobně jako v mé studii.

Průměrná velikost těla byla ve sledovaných letech u samců 58,7 mm a u samic 62,8 mm. Čižmárová (2020) uvádí průměrné hodnoty 64,89 mm pro samce a 66,81 mm pro samice. Sistani et al. (2021) udávají průměrné velikosti 70,8 mm u samců a 78,2 mm u samic. Z toho lze vyvodit, že tyto studie zahrnovaly starší jedince s většími tělesnými rozměry. Velikost ropuchy zelené souvisí s věkem a v menší míře také s kvalitou stanoviště (Sinsch et al. 2007). Na lokalitě Stupkova byl největší zaznamenaný samec dlouhý 74 mm, zatímco nejmenší měřil



44 mm. U samic byly tyto hodnoty 81 mm a 54 mm. Ve Smetanových sadech dosáhl největší samec délky 80 mm, přičemž nejmenší měřil 46 mm. U samic ve Smetanových sadech byla největší zaznamenaná velikost 97 mm (Čižmarová 2020), zatímco nejmenší samice měřila, stejně jako na Stupkové ulici, 54 mm. Oproti tomu Altunışık et al. (2020) provedli výzkum na osmi různých populacích druhu *Bufo viridis sitibundus* v Turecku a při analýze velikosti těla zjistili, že v případě dvou populací byli samci větší než samice.

Z dlouhodobého sledování je zřejmé, že se jedinci na danou lokalitu každoročně vrací. Zvláštní pozornost si zaslouží výskyt jednoho samce, který byl na místě odchycen ve všech sezónách. Meziroční návratnost jedinců tohoto druhu pozorovaly i další studie (Čižmarová 2020, Mazgajka & Mazgajski 2020). Mazgajka a Mazgajski ve své studii dále navrhuje, aby v případě obojživelníků v intravilánu byl výzkum prováděn na stejných lokalitách s několikaletými přestávkami, namísto průběžného sledování jejich výskytu ve vodních nádržích. Dále doporučují vyhodnotit výskyt populací ropuch v nádržích nacházejících se ve venkovských oblastech v blízkosti městských hranic, což by mohlo být využito k aktivní reintrodukci, například formou transferu snůšek s vajíčky (Baker & Halliday 1999).

Průměrná pravděpodobnost odchyty byla velmi vysoká, což naznačuje, že téměř všichni přítomní jedinci byli při odchycích zachyceni. Gruszka et al. 2024 uvádějí, že samice měly menší pravděpodobnost být opětovně chyceny. Samice tráví na rozmnožovacím místě mnohem méně času než samci a odchází brzy po kladení vajíček, což negativně ovlivňuje jejich pravděpodobnost opětovného odchyty (Kovács & Sas 2010). Hodnoty odhadů demografických parametrů pro roky 2014-2017, vypočítané v bakalářské práci Nejezové (2018), se od mých zjištění poněkud liší. Tento rozdíl je způsoben zpřesněním modelu přidáním nových dat z let 2018-2020. Odhady pro rok 2020 byly bohužel ovlivněny nedostatkem dat z důvodu krátkého období reprodukce. To se projevilo zejména u samic, které v době vzorkování zřejmě na lokalitě již nebyly. Proto jsou odhady jejich početnosti a přežívání tak nízké.

Celkový odhad velikosti populace vykazoval v letech 2014-2016 rostoucí trend. Nejezová (2018) pozoruje stejný trend jen s nepatrnými rozdíly. V následujících letech velikost populace kolísala jak u samců, tak u samic, přičemž kolísání bylo odlišné pro obě pohlaví. Oproti tomu Čižmarová (2020) uvádí, že celkový odhad velikosti populace v olomouckém jezírku ve Smetanových sadech vykazoval vzestupný trend jak u samců, tak u samic během celého sledovaného období jejího tříletého výzkumu.

Průměrný poměr pohlaví za období 2014-2019, stanovený na základě odhadů početnosti, činil 2,7 ve prospěch samců. Poslední rok do tohoto průměru nebyl zahrnut, protože by mohl zkreslovat výslednou hodnotu. V roce 2020 totiž došlo k výraznému poklesu počtu samic, pravděpodobně v důsledku pozdního napuštění nádrže. Kovács & Sas (2010) ve své práci pozorují během dubna 9 samců na 1 samci a v květnu 3 samce na 1 samici. Čižmárová (2020) z počtu odchycených jedinců stanovila průměrný poměr pohlaví na 1,84. Sistani et al. (2021) provedli v roce 2020 průzkum velikosti populace ropuchy zelené ve Vídni, přičemž uvádí 61 odchycených samců a 15 samic, z čehož vyplývá poměr pohlaví 4,1. Takové výsledky jsou typické pro studie zaměřené na vodní plochy, kde samci tráví více času než samice kvůli rozmnožování (Kovács & Sas 2010, Kaczmariski et al. 2019). Loman & Madsen (2010) během tří let evidovali 1038 samců a 260 samic, z čehož vyplývá poměr pohlaví 3,99. Nepoměr mezi samci a samicemi autoři této studie vysvětlují vyšším přežíváním samců, častějším vynecháváním rozmnožování u samic a pozdější pohlavní dospělosti samic oproti samcům. Já jsem pozorovala vynechání rozmnožování u 5 samců a 2 samic. Je ale také možné, že se je danou sezónu jen nepodařilo zachytit.

Výsledky ukázaly, že míra meziročního přežívání samců byla ve všech sledovaných obdobích vyšší než míra přežívání samic. Nejezová (2018) ve své studii uvádí 54% pro samce oproti mým 63% a u samic 47%, zatímco mnou vypočtený odhad udává 34%. Vyšší míru přežívání samců prezentují i Loman & Madsen (2010). Autoři dále uvádí, že samice investují do rozmnožování výrazně více energie než samci, což může vysvětlovat pozorované rozdíly v přežívání a pravděpodobnosti vynechání rozmnožování mezi pohlavími. Oproti tomu Čižmárová (2020) pozoruje vyšší míru přežívání samic než samců. Samci obecně setrvali na lokalitě déle než samice, tuto skutečnost potvrzuje i Nejezová (2018) a Čižmárová (2020). Ale Nejezová (2018) v období 2014-2015 udává oproti mým výsledkům opačné trendy u obou pohlaví. Její odhad setrvání jedinců na lokalitě udává sestupný trend pro samce a vzestupný pro samice.

Data jasně ukazují, že počasí má vliv na početnost jedinců během jednotlivých odchytů. Kombinace teploty a srážek ovlivňuje rozmnožovací aktivitu jedinců. Tuto skutečnost potvrzují i Gruszka et al. (2024), přičemž udávají i vliv teploty vody. Teplota vzduchu hraje pravděpodobně významnější roli na začátku reprodukčního období, zatímco srážky mohou zvýšit aktivitu ropuch v pozdějších fázích rozmnožovací sezóny. Nárůsty v počtech jedinců v souvislosti se vzrůstajícími teplotami a výskytem srážek pozoruje ve své práci i Čižmárová (2020). Při teplotách v řádech jen několika málo stupňů nad nulou byli jedinci

neaktivní, byli pozorováni spíše v terestrickém prostředí a nebyly slyšet ani žádné zvukové projevy. Významný počet jedinců se objevuje jak po obdobích s vysokými, tak minimálními srážkami, ale pouze do konce května. Začátkem června se početnost jedinců na místě reprodukce ve všech letech snižovala bez ohledu na rostoucí teplotu nebo výskyt srážek.

Začátek reprodukce sledované populace závisel na napuštění nádrže, která je během zimy vypuštěna. Jedince jsem mohla sledovat vždy až po napuštění nádrže, což se nikdy nestalo dříve než koncem dubna. V západním Polsku bylo již na přelomu března a dubna v roce 2017 pozorováno páření i první snůšky vajíček. Tato pozorování byla provedena na celých lokálních subpopulacích ve dvou prostorově izolovaných částech města. Brzký začátek reprodukce ropuchy zelené je přisuzován výjimečně teplému jaru (Kaczmarški et al. 2019). Vliv městského tepelného ostrova, který zvyšuje průměrnou roční teplotu o 1 °C ve srovnání s okolními mimoměstskými oblastmi (Majkowska et al. 2017), mohl dále urychlit období páření.

V roce 2017 byly odchyty zahájeny 3. května. Je pravděpodobné, že kdyby byla nádrž napuštěná dříve, mohlo by dříve začít i reprodukční období ropuch. Poslední odchytový den byl 13. června, kdy bylo zaznamenáno pouze 6 jedinců, a proto bylo mapování pro tento rok ukončeno. Kaczmarški et al. (2019) však zaznamenali ve stejném roce páření ještě 4. července, což naznačuje, že období rozmnožování na jedné z lokalit v polském městě Poznaň trvalo 15 týdnů, oproti 6 týdnům na lokalitě Stupkova. Mazgajski a Mazgajski (2020) pozorovali rozmnožování trvající 8 týdnů, zatímco Sistani et al. (2021) sledovali rozmnožování po dobu 9 týdnů. Kovács & Sas (2010) pozorovali v roce 2006 fenologii rozmnožování ropuchy zelené v městském parku v rumunském městě Oradea. Ve své studii uvádí, že období rozmnožování trvalo pět měsíců (od dubna do srpna) s vrcholem v květnu. Kyriakopoulou-Sklavounou (2000) tvrdí, že rozmnožovací období ve středoevropských zemích obecně trvá pouze tři měsíce, zatímco ve středomořské oblasti bylo zaznamenáno jeho prodloužení na čtyři a půl měsíce. Sicilia et al. (2006) sledovali fenologii rozmnožování ropuchy zelené během dvouletého období v efemérních středomořských tůních na Sicílii a uvádí délku reprodukce dokonce sedm až devět měsíců.

Nenašla jsem žádné studie, které by se zabývali zraněnými jedinci. Zaznamenaná poškození mohla být způsobena predátory nebo vandalismem ze strany dětí, který jsem na lokalitě pozorovala. Samec s šedými skvrnami byl pravděpodobně infikován patogenem. Szkudlarek (2020) v Polsku zaznamenal oční deformity u *Bufo Bufo*, *Bufo viridis*, *Bombina*

*bombina* a *Bombina variegata*, jejichž příčiny mohly být environmentálního nebo genetického původu. V případě jedince s defektem oka však pravděpodobně šlo o následek zranění nebo napadení parazitem.

Při analýze dat jsem zaznamenala změny ve zbarvení těla u některých starších samců. Mladší samce šlo identifikovat snadněji než ty starší. I s přihlédnutím k použití různých fotoaparátů během sledovaného období a pořízení fotografií ropuch z různých úhlů je zřejmé, že se jednalo o stejné jedince. Gruszka et al. (2024) provedli studii populací ropuch zelených ve dvou městských parcích v polském městě Poznaň a při vizuální identifikaci jedinců zaznamenali obdobný problém. Uvádějí, že na jedné z lokalit se přes celý hřbet samců často objevuje nazelenalý nádech, který často rozmazává jejich unikátní individuální vzory, což je případ, který jsem pozorovala i já. Další porovnávané studie použily při rozpoznávání jedinců na fotografiích specializovaný software. Sistani et al. (2021) zmiňují použití programu IBEIS, což je navazující verze softwaru HotSpotter, která nejlépe dopadla v pilotní studii s fotografiemi ropuch zelených (Burgstaller et al. 2021). Lassnig et al. (2024) zkoumali potenciál metody fotoidentifikace se zaměřením na druh *B. viridis balearicus*. Udávají, že software APHIS vykazuje adaptabilitu na zástupce řádu Anura a dosahuje vysoké míry přesnosti detekce 95,28 %. Případná existence postupných změn ve zbarvení starších jedinců ropuchy zelené však do budoucna může dále zhoršovat možnost jejich identifikace na základě pořízených fotografií.

## **6. Závěr**

Odchyty probíhaly v letech 2014-2020 během reprodukčního období ropuch. V posledních sledovaných letech došlo ke snížení početnosti populace. Podle zjištěných demografických parametrů se situace sledované populace jeví jako příznivá pro samce, avšak pro samice nikoliv. Proto navrhuji obnovit monitoring a sledovat další vývoj této populace. Doporučuji zavést použití programu pro identifikaci jedinců, protože při počtu několika stovek jedinců je vizuální identifikace velmi obtížná a časově náročná. Dále navrhuji aplikovat alternativní metodu identifikace jedinců, která by sloužila jako kontrola, aby se předešlo chybám nebo nejasnostem v případě, že by došlo ke změně zbarvení. Rovněž by bylo vhodné kontaktovat Technické služby města Olomouce a zajistit do budoucích let dřívější napuštění nádrže, protože to má zásadní vliv na začátek rozmnožovací aktivity tohoto druhu.

## 7. Seznam použité literatury

- Adamcová I. 2015. Reprodukce ropuchy zelené v urbanizovaném prostředí města Olomouce [Bakalářská práce]. [Olomouc]: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Adamcová I. 2017. Demografické parametry ropuchy zelené na lokalitě Stupkova v Olomouci [Diplomová práce]. [Olomouc]: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Altunışık A, Gül S, Özdemir N. 2020. Impact of various ecological parameters on the life-history characteristics of *Bufo viridis* sitibundus from Turkey. The Anatomical Record. 304(8):1745-1758.
- AmphibiaWeb. 2024. < <https://amphibiaweb.org> > University of California. Berkeley. CA. USA. Zpřístupněno 24. července 2024.
- Arnold N. 2002. Reptiles and Amphibians of Britain and Europe. 2nd ed. London. Collins.
- Baker JMR, Halliday TR. 1999. Amphibian colonization of new ponds in a agricultural landscape. Herpetological Journal 9:55-63.
- Baruš V, Oliva O. 1992. Fauna ČSFR: Obojživelníci - Amphibia. 1. vydání. Praha. Academia.
- Beebee TJC. 1995. Amphibian breeding and climate. Nature 374:219-220.
- Beebee TJC, Griffiths RA. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? Biological Conservation. 125(3):271-285.
- Burgstaller S, Gollman G, Landler L. 2021. The green toad example: a comparison of pattern recognition software. North-Western Journal of Zoology. 17:96-99.
- Cooch EG, White GC (eds.). 2014. Program MARK: A Gentle Introduction. 13th ed. [Internet].
- ČHMÚ. 2024. <<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb>> Zpřístupněno 15. července 2024.
- Čižmárová R. 2020. Populace ropuchy zelené (*Bufo viridis*) ve Smetanových sadech a v Botanické zahradě. [Diplomová práce]. [Olomouc]: Univerzita Palackého v Olomouci.

Dalpasso A, Seglie D, Eusebio Bergò P et al. 2023. Effects of temperature and precipitation changes on shifts in breeding phenology of an endangered toad. *Scientific Reports*. (13):14573.

Dastansara N, Vaissi S, Mosavi J et al. 2017. Impacts of temperature on growth, development and survival of larval *Bufo (Pseudepidalea) viridis* (Amphibia: Anura): implications of climate change. *Zoology and Ecology*. 27:228-234.

Di Minin E, Griffiths RA. 2011. Viability analysis of a threatened amphibian population: modelling the past, present and future. *Ecography* 34(1):162-169.

Drobenkov SM, Novitsky RV, Kosova LV et al. 2006. *The Amphibians of Belarus*. Bulgaria. Pensoft Publishers

Dungel J, Řehák Z. 2011. *Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky*. 2. vydání. Praha. Academia.

Finlay JC, Vredenburg VT. 2007. Introduced trout sever trophic connections in watersheds: consequences for a declining amphibian. *Ecology*. 88:2187-2198

Gaisler J, Zima J. 2007. *Zoologie obratlovců*. 2. vydání. Praha. Academia.

Gruszka D, Kaczmarek JM, Szala K et al. 2024. Estimation of green toad *Bufo viridis* population size based on photo-identification at two urban sites with different management histories. *North-Western Journal of Zoology*. 20(1):50-57.

Hamer A, McDonnell MJ. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: A review. *Biological Conservation*. 141(10):2432-2449.

Holicová T. 2012. *Individuální značení a rozpoznávání obojživelníků*. [Bakalářská práce]. [České Budějovice]: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. *Bufo viridis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T182530066A730332. Zpřístupněno 24. července 2024.

Jeřábková L, Krása A, Svoboda A. 2013. Obojživelníci v ohrožení. *Ochrana přírody*. (4):2-6.

Jirků M, Baláž V. 2021. Soumrak obojživelníků. *Živa*. (5):259-263.

Kaczmarek M, Szala K, Kloskowski J. 2019. Early onset of breeding season in the green toad *Bufo viridis* in Western Poland. *Herpetozoa* 32:109-112.

Kovács E-H, Sas I. 2010. Aspects of breeding activity of *Bufo viridis* in an urban habitat: a case study in Oradea, Romania. *Biharean Biologist*. 4(1):73-77.

Kyriakopoulou-Sklavounou P. 2000. Adaptations of some amphibian species to Mediterranean environmental conditions. *Belgian Journal of Zoology*. 130:109-113.

Lassnig N, Guasch-Martínez S, Pinya S. 2024. The individual color pattern on the back of *Bufo viridis* balearicus (Boettger, 1880) allows individual photo-identification recognition for population studies. *Canadian Journal of Zoology*. 102(4):393-402

Lee TS, Kahal NL, Kinas HL et al. 2021. Advancing amphibian conservation through citizen science in urban municipalities. *Diversity*. 13:211.

Loman J, Madsen T. 2010. Sex ratio of breeding Common toads (*Bufo bufo*) - Influence of survival and skipped breeding. *Amphibia-Reptilia*. 31(4):509-524.

Majkowska A, Kolendowicz L, Pórolniczak M et al. 2017 The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. *Theoretical and Applied Climatology*. 128:769-783.

Marsh DM. 2001. Fluctuations in amphibian populations: a meta-analysis. *Biological Conservation*. 101(3):327-335.

Maštera J, Mašterová A. 2017. *Obojživelníci Vysočiny*. 1. vydání. Jihlava. Pobočka České společnosti ornitologické na Vysočině.

Mazgajska J. 1996. Distribution of amphibians in urban water bodies (Warsaw agglomeration, Poland). *Ekologia Polska* 44:245-257.

Mazgajska J, Mazgajski TD. 2020. Two amphibian species in the urban environment: changes in the occurrence, spawning phenology and adult condition of common and green toads. *The European Zoological Journal*. 87(1):170-179.



Mikátová B, Vlašín M. 2002. Ochrana obojživelníků. 1. vydání. Brno. EkoCentrum Brno

Moravec J. 2019. Obojživelníci a plazi České republiky. Praha. Academia.

Muths E, Chambert T, Schmidt BR et al. 2017. Heterogeneous responses of temperate-zone amphibian populations to climate change complicates conservation planning. *Scientific Reports* 7:17102.

Nejezová A. 2018. Životní historie ropuchy zelené v urbanizovaném prostředí města Olomouce [Bakalářská práce]. [Olomouc]: Univerzita Palackého v Olomouci.

Ogielska M, Kierzkowski P. 2010. Long term data on the amphibians of Wrocław. *Fragmenta Faunistica*. 53(2):195-212

Parmesan C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*. 13:1860-1872.

Parris KM. 2006. Urban amphibian assemblages as metacommunities. *Journal of Animal Ecology* 75:757-764.

Reading CJ, Clarke RT. 1999. Impacts of climate and density on the duration of the tadpole stage of the common toad *Bufo bufo*. *Oecologia*. 121:310-315.

Sicilia A, Lillo F, Zava B et al. 2006. Breeding phenology of *Bufo viridis* Laurenti, 1768 in Sicily. *Acta Herpetologica*. 1:107-117.

Sinsch U, Leskovar C, Drobig A et al. 2007. Life-history traits in green toad (*Bufo viridis*) populations: indicators of habitat quality. *Canadian Journal of Zoology* 85: 665-673.

Sinsch U, Schäfer AM. 2016. Density regulation in toad populations (*Epidalea calamita*, *Bufo viridis*) by differential winter survival of juveniles. *Journal of Thermal Biology*. 55:20- 29.

Sistani A, Burgstaller S, Gollmann G et al. 2021. The European green toad, *Bufo viridis*, in Donauefeld (Vienna, Austria): status and size of the population. *Herpetozoa* 34: 259-264.

Speybroeck J, Beukema W, Bok B et al. 2016. Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. 1st ed. London. Bloomsbury Publishing. p. 155-157.

Stebbins RC, Cohen NW. 1997. A Natural History of Amphibians. 3rd ed. New Jersey. Princeton University Press.

Szkudlarek M. 2020. Ocular anomalies in four species of European toad. The Herpetological Bulletin. 154:26-28

Tóth-Ronkay M, Bajor Z, Bárány A et al. 2015. Budapest. In: Kelcey JG, editor. Vertebrates and invertebrates of European cities: Selected non-avian fauna. New York. Springer. p. 27-73.

Tryjanowski P, Rybacki M, Sparks T. 2003. Changes in the first spawning dates of common frogs and common toads in western Poland in 1978-2002. Annales Zoologici Fennici. 40:459- 464.

Velasco JA, Estrada F, Calderón-Bustamante O et al. 2021. Synergistic impacts of global warming and thermohaline circulation collapse on amphibians. Communications Biology. (4):141.

Vlašín M, Mikátová B. 2007. Metodika sledování výskytu plazů v České republice. 1. vydání. Brno. Český svaz ochránců přírody.

Vojar J. 2007. Ochrana obojživelníků: ohrožení, biologické principy, metody studia, legislativní a praktická ochrana. Louny. Český svaz ochránců přírody.

Vonesh JR, De la Cruz O. 2002. Complex life cycles and density dependence: assessing the contribution of egg mortality to amphibian declines. Oecologia. 133(3):325-333.

Wake DB, Koo MS. 2018. Amphibians. Current Biology 28(21):1237-1241.

Wake DB, Vredenburg V. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 105:11466.

## 8. Přílohy

### 8.1. Zranění a nemoci

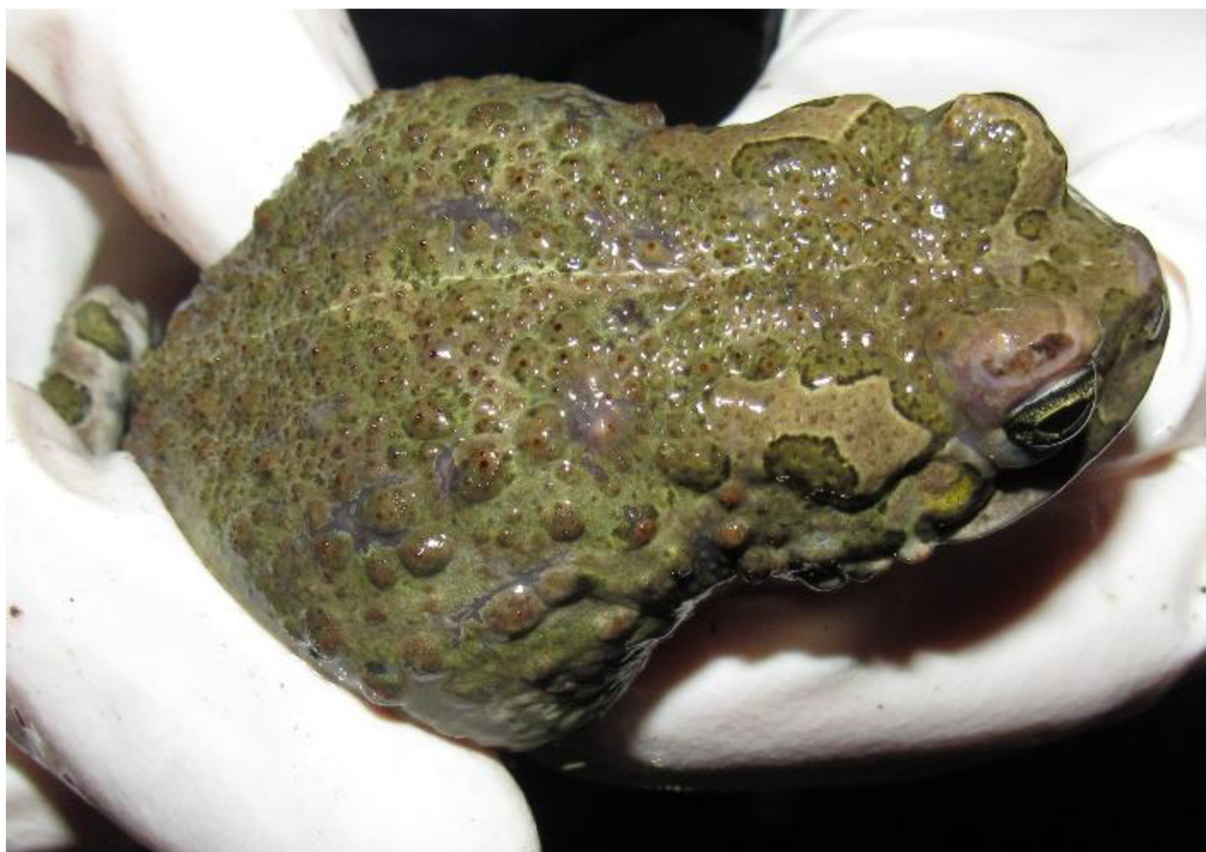


Obrázek 23: Samec č. 153 v roce 2019 se zraněními na dorzální i ventrální straně těla



Obrázek 24: Zregenerovaný samec č. 153 v roce 2020





Obrázek 25: Samec č. 2019 s poraněním kůže nad okem



Obrázek 26: Samec č. 225 s šedými skvrnami





Obrázek 27: Samice v amplexu (č. 265) s řeznou ránou na noze



Obrázek 28: Samec č. 291 s defektem oka



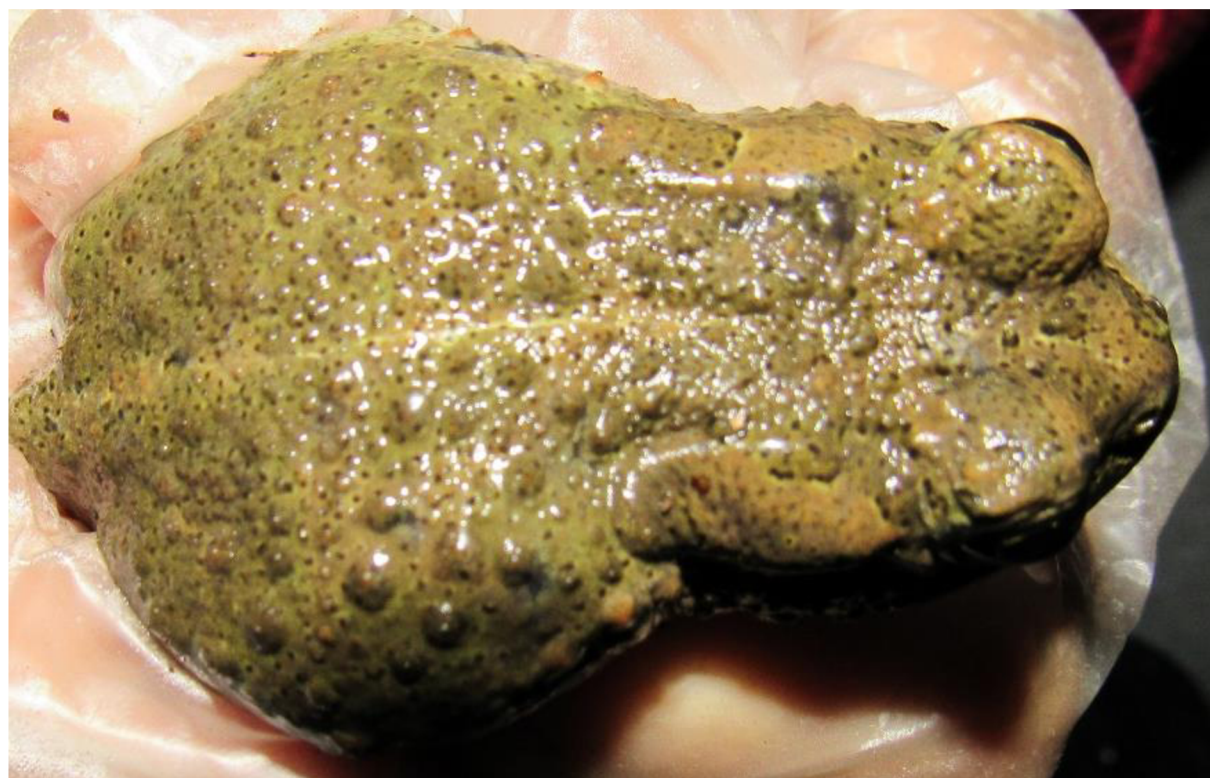
Obrázek 29: Samice v amplexu (č. 385) s ránou v oblasti kloaky



Obrázek 30: Samec č. 425 s poraněním kůže



## 8.2. Změny zbarvení



Obrázek 31: Samec č. 23 v roce 2014 a 2018





Obrázek 32: Samec č. 39 v roce 2014 a 2020





Obrázek 33: Samec č. 52 v roce 2015 a 2019





Obrázek 34: Samec č. 54 v roce 2016 a 2018





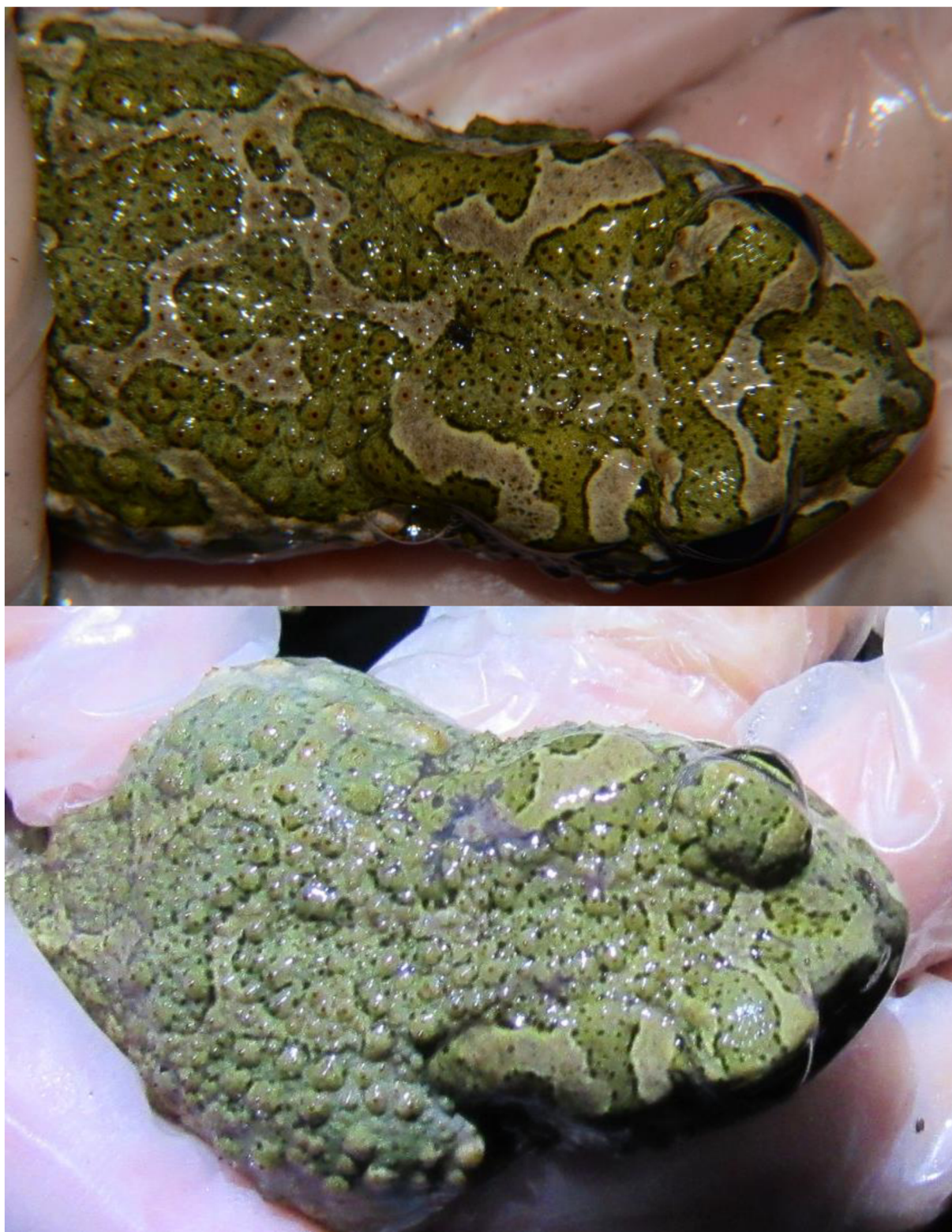
Obrázek 35: Samec č. 66 v roce 2016 a 2020





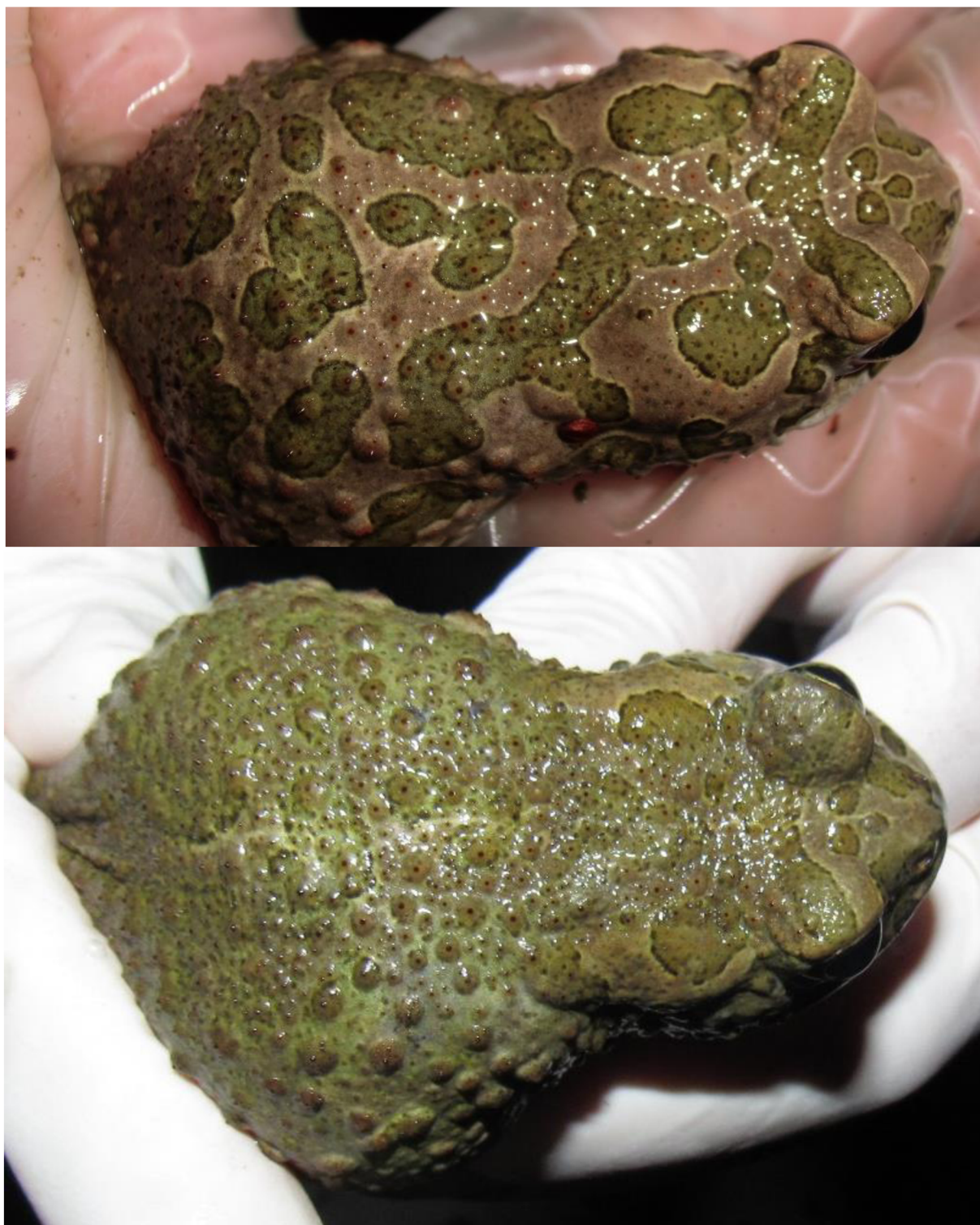
Obrázek 36: Samec č. 122 v roce 2016 a 2019





Obrázek 37: Samec č. 138 v roce 2016 a 2019





Obrázek 38: Samec č. 153 v roce 2016 a 2020





Obrázek 39: Samec č. 234 v roce 2017 a 2020



Obrázek 40: Porovnání zbarvení těla u adulta a subadulta