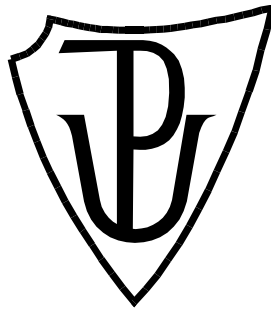


# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Populační ekologie kuňky žlutobřiché (*Bombina variegata*)**

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:	<b>Bc. Michal Dáňa</b>
Studijní program:	Biologie
Studijní obor:	Učitelství biologie pro střední školy – Učitelství geografie pro střední školy (BI – Z)
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	<b>RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.</b>
Rok:	2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Olomouci dne

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady ohledně metodiky, statistického zpracování dat a výraznou pomoc při sběru primárních dat. V neposlední řadě za čas strávený při sběru dat a vypracování této práce.

## Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Bc. Michal Dáňa
Název práce	Populační ekologie kuňky žlutobřiché ( <i>Bombina variegata</i> )
Typ práce	Diplomová
Pracoviště	Katedra botaniky
Vedoucí práce	RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2018

### Abstrakt

U populace kuňky žlutobřiché v EVL Blovice byl sledován vliv ukončení pravidelného managementu v podobě závodu vojenské techniky tzv. Blovický smyk. Byly nastíněny modelace, které popisovaly vývoj populace v následujících 30 letech s různými scénáři. K tvorbě jednotlivých modelací bylo využito softwaru Vortex 10. Bylo vypočteno, že v případě nekonání žádného managementu dojde během následujících 13 let k zániku populace s 20 % pravděpodobností. Tato práce může být podkladem pro plánování managementu na této lokalitě.

Klíčová slova	EVL Blovice, kuňka žlutobřichá, Vortex 10, Blovický smyk
Počet stran	73
Jazyk	Český

## **Bibliographical identification**

Autor's first name and surname	Bc. Michal Dáňa
Title	Population ecology of yellow-bellied toad ( <i>Bombina variegata</i> )
Type of thesis	Master
Department	Department of Botany
Supervisor	RNDr. Pavel Vlach, Ph.D.
The year of presentation	2018

### **Abstract**

The population of yellow – bellied toad in SCI Blovice was studied regarding the influence of termination of regular management consisting of the military technics race called Blovický smyk. The modelations describing the population evolution in following 30 years with variable scenarios were outlined. The modelations were performed in Vortex 10 software. It was calculated that in case of no future management the population of yellow – bellied toad will cease to exist in following 13 years with 20 percent probability. This thesis can be the base for planning of management in this locality.

Keywords	SCI Blovice, Yellow - bellied toad, Vortex 10, Blovický smyk
Number of pages	73
Language	Czech

## Obsah

Úvod .....	4
Cíle diplomové práce.....	4
TEORETICKÁ ČÁST.....	5
1. Obojživelníci .....	6
1.1 Vznik obojživelníků .....	6
1.2 Rozšíření obojživelníků.....	7
2. Žáby.....	10
2.1 Morfologie žab .....	10
2.2 Krycí soustava .....	10
2.3 Kostra .....	11
2.4 Svalová soustava .....	11
2.5 Nervová soustava.....	11
2.6 Dýchací soustava .....	12
2.7 Cévní a oběhová soustava .....	12
2.8 Endokrinní soustava .....	13
2.9 Trávicí soustava.....	14
2.10 Vylučovací a pohlavní soustava .....	14
2.11 Smyslová soustava.....	15
2.11.1 Zrak.....	15
2.11.2 Proudový orgán .....	15
2.11.3 Sluch a rovnováha .....	16
2.11.4 Čich a chuť .....	16
2.12 Potrava a hospodaření s vodou .....	16
2.13 Životní cyklus.....	17
3. Kuňka žlutobřichá ( <i>Bombina variegata</i> ).....	18
3.1 Rozmnožování.....	19

3.2 Biotopy .....	19
3.3 Zimování.....	20
3.4 Potrava .....	20
3.5 Výskyt ve světě.....	20
3.6 Výskyt v ČR .....	21
3.7 Právní ochrana a management biotopů.....	23
3.7.1 Vodní prostředí .....	24
3.7.2 Terestrické prostředí .....	24
3.8 Právní ochrana .....	24
PRAKTICKÁ ČÁST .....	26
Úvod .....	27
4. Materiál a metody.....	27
5. Popis lokality .....	27
6. Metody sběru dat .....	28
6.1 Metodika sběru primárních dat.....	28
6.1.1 Měření environmentálních parametrů tůní .....	28
6.1.2 Dohled na lokalitě v průběhu Blovického smyku .....	29
6.2 Využití sekundárních dat .....	29
7. Metody vyhodnocení dat .....	30
7.1 Zánik tůní.....	30
7.2 Odhad početnosti jedinců .....	30
7.3 Vortex 10 .....	30
7.3.1 Vstupní data Vortex.....	31
8. Výsledky.....	34
8.1 Vyhodnocení odhadu početnosti jedinců.....	34
8.2 Vyhodnocení hloubky tůní .....	34
8.3 Vyhodnocení vstupních dat softwaru Vortex .....	36

8.3.1 Scenario settings .....	36
8.3.2 Species description .....	36
8.3.3 Reproductive system .....	36
8.3.4 Reproductive rates .....	36
8.3.5 Mortality rates .....	36
8.3.6 Catastrophes .....	37
8.3.7 Mate monopolization .....	41
8.3.8 Initial population size .....	41
8.3.9 Carrying capacity (K) .....	42
8.4 Modelace Vortex .....	42
9. Diskuze .....	45
Shrnutí .....	49
DIDAKTICKÁ ČÁST .....	50
Úvod .....	51
10. Písemná příprava vyučovací jednotky .....	51
11. Pracovní text .....	53
12. Pracovní list .....	59
Zdroje .....	62



## Úvod

Obojživelníci jsou zajímavou a mnohdy opomíjenou součástí fauny světa. Setkáváme se s nimi už v dávných mytologiích a jsou dodnes součástí mnoha kultur (např. pohádky O žabím princí nebo O žábě na prameni). Jejich význam stoupá i z hlediska medicíny. Vedle velmi známého využití drápatek pro určení gravidity (Čihař 1987) je dnes zkoumána celá řada sekretů a látek vylučovaných obojživelníky. Příkladem může být rod *Bufo*, jehož kožní sekrety mají prozatím nevyužitý potenciál (Clarke 1997). V současnosti však často svým nešetrným jednáním ničíme jejich populace a přirozené biotopy. V této práci bych v úvodu chtěl na obecné úrovni přiblížit tuto významnou skupinu živočichů. Dále se zaměřit na kuňku žlutobřichou (*Bombina variegata*) jako zájmový druh této práce.

## Cíle diplomové práce

Tato diplomová práce si klade za cíl vytvořit ucelený pohled na kuňku žlutobřichou (*Bombina variegata*) jako významného zástupce batrachofauny ČR. Je shrnutím dostupných informací o tomto druhu, jeho ekologických nárocích a možnostech zachování či zlepšení početnosti v rámci ČR. Výzkumná část je shrnutím výzkumu v rámci EVL Blovice: zabývá se především predikcí další existence populace kuňky s konkrétními doporučeními k zachování či zlepšení životních podmínek kuňky žlutobřiché na této významné lokalitě v západních Čechách.

## **TEORETICKÁ ČÁST**

# 1. Obojživelníci

## 1.1 Vznik obojživelníků

Obojživelníci jsou třídou obratlovců, která zřejmě stanula jako první mezi obratlovcí v terestrickém prostředí. Toto období je datováno přibližně před 350 miliony let (devon) (Diesener 2003). Tito „praobojživelníci“ připomínali stavbou těla ještěry s mohutným ocasem a výrazným ploutevním lemem. Převážnou část života trávili ve vodním prostředí, kde aktivně lovili. Výraznou evoluční novinkou byla přítomnost čtyř kráčivých končetin, které umožňovaly výstup a pohyb na souši. Mezi nejznámější fosilní zástupce těchto čtyřnožců patřil rod *Ichthyostega*. Tento až jeden metr dlouhý obojživelník byl nalezen v devonských usazeninách v Grónsku. Bylo u něj popsáno několik pleziomorfních znaků, dle nichž byla vytvořena představa o původu samotné skupiny. Původ této skupiny z lalokoploutvých ryb (Coelacanthiformes) je odvozen z přítomnosti šupin na ventrální straně či lepidotrichií v ploutevním lemu. Původní systematické zařazení tedy rozdělilo lalokoploutvé ryby na dvě nepříbuzné skupiny Actinistia a Rhipidistia (vějířoploutví). Samotní Rhipidistia byli poté určeni jako přímí předchůdci čtvernožců. Dnešní výzkumy na molekulárně-biologické úrovni však celou situaci výrazně komplikují a poukazují na existenci přechodných skupin ryb „lalokoploutvo-čtyřnožčí“. Samotný modelový zástupce *Ichthyostega* sp. vyhynul pravděpodobně na konci devonu (Moravec 1999, Fokt 2008). Postupné opouštění vodního prostředí však pokračovalo. Přinášelo výraznou evoluční výhodu v široké škále volných biotopových nik. Jedná se o první známou vlnu rozvoje obojživelníků. V rámci tohoto vývoje se v rámci karbonu vyvinula významná skupina krytolebců. Krytolebců rozmachu dosahovali před 120 miliony let. Postupný vývoj evolučně dokonalejších plazů však způsobil vyhynutí krytolebců a nastolil evoluční radius pro postupný vznik moderních obojživelníků – Lissamphibia (Diesener 2003).

Současné období považují někteří autoři za druhou vlnu rozkvětu, a to v rámci celosvětového měřítka (Fokt 2008). Batrachologové však upozorňují na výraznou závislost těchto obratlovců na kvalitě životního prostředí a považují je tedy za sice velmi početnou, ale zároveň jednu z nejohroženějších skupin (Vackar 2005).

Samotný názor na aktuální počet druhů obojživelníků se liší dle jednotlivých autorů. Skupina čítá asi 4500 (Diesener 2003) až 4800 druhů (Moravec 1999). Tato nejednotnost je způsobena každoročním popisem nových především tropických druhů obojživelníků a obecnými změnami v zoologickém systému (Moravec 1999, Diesener 2003). Příbuznost obojživelníků blíže k rybám, než k plazům dokládá především schopnost dýchání žábami

v raném stádiu vývoje. U některých obojživelníků nalzááme tuto schopnost i v dospělosti. Převážně u terestrických druhů dochází v průběhu života k vývinu jednoduchých plicních vaků. Dalším pleziomorfním znakem je přítomnost smyslových tělísek v kůži larválních stádií, která svou funkcí i stavbou připomínají postranní čáru ryb. Je tedy zcela patrné, že obojživelníci musejí procházet určitým druhem přeměny, kterou souhrnně nazýváme **metamorfózou** (Hanzák 1969). Tento proces je popisován jako malé opakování evolučního kroku prvního postupného osidlování souše právě v devonu (Moravec 1999). Tato přeměna se však netýká pouze dýchacího ústrojí či smyslových orgánů, ale postihuje i ostatní soustavy, jako například pohybovou či smyslovou soustavu (Hanzák 1969). Jedná se o velmi složitý proces se spoustou druhových či rodových výjimek. Společné rysy pro obojživelníky je kladení vajec do vodního prostředí (absence vaječných obalů), líhnutí larválních stádií (pulců) a následná metamorfóza, při které se například larvy žab s výrazněji delším ocasem než-li trupem stávají dospělci z pravidla bez ocasu apod. (Zwach 2009).

## 1.2 Rozšíření obojživelníků

Recentní obojživelníci dosahují různých tělesných rozměrů a tvarů. Dle tvaru těla je rozlišujeme do třech základních typů. Prvním typem je obojživelník s protáhlým tělem, dlouhým ocasem a dvěma páry přibližně podobných končetin. V tomto případě mluvíme o ocasatých obojživelnících (caudata). Typickými zástupci vyskytující se v ČR jsou mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*) či čolek velký (*Triturus cristatus*) (Sklenář 1979, Janoušková et al. 2009, Matějů et al. 2014, Maštěra et al. 2015). Celosvětově tento řád čítá na 400 druhů (Diesener 2003). Druhým řádem jsou červoři (Gymnophiona) s protáhlým tělem a chybějícími končetinami (Hanzák 1969). Tento řád se v České republice nevyskytuje a je typickým zástupcem tropických oblastí. Řád červoři čítá na 180 druhů a jeho biologie je nejméně prozkoumána (Diesener 2003). Posledním třetím typem je obojživelník spíše zploštělý se zavalitým tělem. Jeho končetiny jsou výrazně diverzifikovány na zadní mohutný prodloužený pár a přední výrazně menší a kratší pár – typ žába (Anura) (Hanzák 1969). V České republice je typickým zástupcem ropucha obecná (*Bufo bufo*) či zájmový obojživelník této práce kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*) (Sklenář 1979, Janoušková et al. 2009, Matějů et al. 2014, Maštěra et al. 2015). Tento nejpočetnější řád čítá přes 4200 druhů (Mahon & Aiken 1977, Moravec 1999).

Nejvíce druhů obojživelníků se nachází v tropických oblastech. V těchto oblastech je však i jejich ohrožení a úbytek největší a za posledních dvacet let je uváděno vyhynutí sedmi druhů. V celosvětovém měřítku se tedy jedná o největší ztrátu v biologické rozmanitosti skupin. Největší úbytek je uváděn v neotropické zoogeografické oblasti. Ukázkou výrazné

rozmanitosti tropických oblastí mohou být lokality v Ekvádoru, kde nalezneme až 81 druhů žab na ploše 3 km<sup>2</sup> (Moravec 1999). Početnost druhů však obecně klesá s narůstající zeměpisnou šířkou. Jsou však některé druhy (například ropucha obecná), které se vyskytují i za severním polárním kruhem (Moravec 1999). V případě jižního polárního kruhu zasahuje výskyt do oblasti Patagonie v Jižní Americe (Hanzák 1969). Jediným světadílem, kde se žádný obojživelník nevyskytuje je Antarktida (Moravec 1999). Naopak největší počet druhů je popsán na jihu USA. Jsou však i druhy, které lze naléznout na extrémních stanovištích, jakým je například macarát jeskynní (*Proteus anguineus*) vyskytující se na pobřeží Jaderského moře, kde obývá jeskynní biotopy (Diesener 2003).

Obojživelníci dokáží omezenou a druhově velmi specifickou dobu přežít jak ve vodním (někteří vázání pouze při rozmnožování) tak i terestrickém prostředí. Někteří dokonce vyhledávají pouze vlhčí místa na souši, či pouze vodní prostředí. V těchto případech však mluvíme o unikátní specializaci, která není v obecném měřítku typickou záležitostí (Baruš & Oliva 1992). Následující odstavec bude blíže věnován různým typům prostředí, na která se tyto tvorové adaptovali a faktorům omezujících jejich rozšíření.

Jednou z nejvýznamnějších migračních bariér je uváděna fyziologická neschopnost odolávat mořskému prostředí (Diesener 2003). Nalézáme sice výjimky, které se vyskytují ve vodě brakické (skokan krabožraví (*Fejervarya cancrivora*) (Gordon & Vance 1965), zavalitka šedomodrá (*Thoropa miliaris*) (Abe & Bicudo 1991)), ale v mořském prostředí nepřežívají dlouhodobě žádné druhy (Fokt 2008). Vyšší koncentrace solí ve vodě se v posledních letech ukazuje jako méně důležitý faktor, jelikož je zaznamenána přítomnost 144 druhů obojživelníků v brakických či vnitrozemských slaných vodách (Hopkins & Brodie Jr 2015). Jako druhý nejvýznamnější faktor je uváděna nízká odolnost těla proti vysychání, což přináší další významnou bariéru u vysoce aridních biotopů, ale i u tohoto prostředí nalézáme několik vysoce adaptovaných druhů (Diesener 2003, Cruz-Elizalde et al. 2016), jako například ropucha zelenavá (*Anaxyrus debilis*) a blatnice americká (*Scaphiopus couchii*) (Dayton & Fitzgerald 2006). Dalším faktorem je teplota okolního prostředí. U vyšších zeměpisných šířek je tedy nutností k přežití schopnost přezimování.

V oblastech největší přirozené biodiverzity osidlují obojživelníci nejrozmanitější biotopy od sladkovodních, převážně terestrických povrchových, skrytě žijících pod povrchem až po stromové druhy (Baruš & Oliva 1992). Pokud se blíže podíváme na jednotlivé třídy, tak nejméně početná skupina červorů obývá pouze cirkumtropické pásmo (absence na množství tropických ostrovů). Ocasatí obojživelníci se vyskytují převážně na severní polokouli (Moravec 1999). Nalézáme v této třídě i nejseverněji rozšířeného poikilotermního

obratlovce na světě pamloka sibiřského (*Hynobius keyserlingi*), jehož výskyt je doložen z extrémního stanoviště za severním polárním kruhem Ruského města Verchojansk (72°s.š.) (Baruš & Oliva 1992). Tato skutečnost je důsledkem menší diverzifikovanosti této skupiny v porovnání s posledním řádem žab. U ocasatých obojživelníků je tedy rozšíření převážně situováno na holoarktickou zoogeografickou oblast (Moravec 1999). Jedinou výjimku tvoří čeled' mločíkovití (Plethodontidae), jejíž zástupci se vyskytují i v jižní Americe (Fokt 2008). Rozšíření jednotlivých čeledí všech třech řádů je však velmi specifické (Baruš & Oliva 1992).

Obecně jsou však nejpočetnější skupinou žáby (Diesener 2003). Z celkového počtu nalzáme největší diverzitu žab v tropických a subtropických oblastech (Hanzák 1969). Autoři uvádějí až 80 % všech známých druhů právě z oblastí tropů (Baruš & Oliva 1992). Svým rozšířením však sahají i do mírných šířek (Zwach 2009) a v extrémních případech až po polární oblasti (Hanzák 1969). Na jižní polokouli dosahuje rozšíření žab do oblastí Jižní Afriky, Nového Zélandu, Tasmánie a Ohňové země. Třída žab obývá i většinu kontinentálních ostrovů (Baruš & Oliva 1992).

V rámci rozšíření však nelze pozapomenout na nepřírozené záměrné či nezáměrné introdukce. Příkladem záměrného rozšíření nepůvodních druhů může být skokan volský (*Rana catesbeiana*) na Jamajku (Mahon & Aiken 1977), dalším příkladem jsou tropické druhy zavlečené s tropickými plodinami, nebo introdukce ropuchy obrovské (*Bufo marinus*), která byla vysazena v mnoha tropických oblastech za účelem predace škůdců především na třtinových polích (Baruš & Oliva 1992). Introdukce ropuchy obrovské se však na mnoha místech planety vymkla kontrole a aktuálně způsobuje výrazné škody na původních druzích obratlovců. Nejznámějším příkladem oblasti takové ekologické katastrofy je Austrálie (Shine 2010).

## 2. Žáby

Tato práce se zabývá zástupcem řádu žáby, proto bližší morfologický popis bude věnován právě této skupině. Jako nejpočetnější řád mají velmi širokou škálu specifických znaků (Baruš & Oliva 1992).

### 2.1 Morfologie žab

Žáby se výrazně diverzifikovaly od původních „praobojživelníků“ tvarem těla a jsou v evolučním žebříčku považovány za nejvyšší z recentních obojživelníků. Právě z této skupiny je předpokládán vznik plazů (Diesener 2003). Tělo dospělců je zavalité a často zploštělé opatřené dvěma páry končetin, z nichž zadní jsou zpravidla mohutnější, delší a uzpůsobené ke skoku (Baruš & Oliva 1992). Lze nalézt druhy, které spíše neobratně a pomalu lezou, někteří zase používají mohutné zadní končetiny především k pohybu ve vodě. Velikost skoků se mezidruhově liší od zanedbatelných skoků po skoky daleké (Fokt 2008). Dalším znakem je nasedání hlavy přímo na trup. Hlava je zakončena širokou čelistí s jemnými zoubky. Jazyk je přirostlý zespod či vpředu zakončený špičatě či oble. Samotné hlavě poté dominují výrazné, dobře pohyblivé oči. Výraznou evoluční novinkou je poté přítomnost středního ucha a mnohdy dobře patrného ušního bubínku (Hanzák 1969).

### 2.2 Krycí soustava

Kůže obojživelníků je velmi tenká, hladká, bradavičnatá, někdy až trnitá (Hanzák 1969). Kůže je tvořena tenkou vrstvou *epidermis* a silnější škárou *dermis*. Epidermis často rohovatí a je periodicky svlékána (Moravec 1999). Svlékána je buď po částech nebo v celku, a zpravidla poté pozřena (Baruš & Oliva 1992). Primární funkce je především ochranná. V *dermis* je přítomno množství slizových a jedových žláz. Slizové jsou přibližně desetkrát četnější a chrání živočicha před vyschnutím a negativními vnějšími vlivy pomocí tenké vrstvičky vylučovaného slizu (Moravec 1999). Jedové žlázy obvykle reagují na podráždění, a kromě obranné funkce mají i funkci desinfekční a antibakteriální. Oba typy žláz se mohou shlukovat a vytvářet typické makrožlázy – parotidy u ropuch (jedové) (Fokt 2008) nebo patní mozoly u samců žab (slizové) (Moravec 1999). Některé druhy jsou schopné měnit své zbarvení a přizpůsobovat se svému okolí. Tato schopnost je umožněna díky přítomnosti pigmentových buněk (*chromatofory*) v různých vrstvách pokožky (Baruš & Oliva 1992). Jedná se o melanofory (černá, hnědá a červená pigmentace), xantofory (žlutá pigmentace) a světlo odrážející iridiofory. Různá kombinace těchto pigmentů umožňuje pestrost jednotlivých zbarvení (Moravec 1999). Tento proces je řízen především neurohormonem intermedinem. Rostoucí koncentrace v krvi způsobuje ztmavnutí jedince,

což vysvětluje i pomalejší barvoměnu než u přímého nervové řízení tohoto procesu například u kostnatých ryb (Baruš & Oliva 1992). Neopomenutelnou funkcí krycí soustavy je také kožní dýchání či absorbce vody. Kůže je permeabilní a umožňuje tedy průchod vody a plynů. V souvislosti s kožním dýcháním je dermis výrazně vaskularizována. Uvádí se, že výměna plynů přes pokožku se podílí až z 50 % na celkovém dýchání (Diesener 2003). V době zimního spánku u některých druhů zastává až ze 100 % výměny plynů právě kůže (Fokt 2008).

### 2.3 Kostra

Stavba kostry a stupeň její osifikace je druhově velmi specifickou záležitostí (Baruš & Oliva 1992). Nalezneme však několik obdobných znaků pro většinu žab. Lebka je bikondylní (se dvěma týlními hrboly). Horní čelist je přímo srostlá s neurokraniem (Moravec 1999). Celá lebka je u žab převážně chrupavčitá, u ostatních skupin je osifikována výrazněji. Páteř je tvořena pouze 6–10 volnými obratli (Hanzák 1969). Ocasní obratle jsou redukovány v dlouhou kostrční kost (*urostyl*) (Baruš & Oliva 1992). Zajímavostí je kostra končetin. Typický je srůst kosti loketní (*ulna*) a vřetenní (*radius*) v jedinou kost zvanou kost předloketní (*radioulna*) na zadní končetino potom srůstem kosti holení (*tibia*) a kostí lýtkovou (*fibula*) v kost bérceovou (*tibiofibula*) (Baruš & Oliva 1992). Dále jsou výrazně prodloužené kosti zanártní (tarzální). Takto uzpůsobené končetiny jsou výborným aparátem pro skok (Moravec 1999). Hrudní koš není u žab vytvořen. Žebra jsou redukována (výjimkou jsou dospělci čeledi Discoglossidae a Ascaphidae). *Sternum* je patrné u evolučně pokročilejších čeledí jako malá destička sloužící pouze jako úpon svalů. Žebra se na ni nijak nenapojují (Baruš & Oliva 1992).

### 2.4 Svalová soustava

Základním typem svalstva je svalstvo hladké, které není ovládáno centrálním nervovým systémem. Nalezneme jej především na povrchu cév a ve stěnách trávicího ústrojí. Velmi typickým druhem svalu je srdeční svalovina, která má výrazný stupeň automacie (Baruš & Oliva 1992). Samotné vůlí ovladatelné kosterní svalstvo sloužící především k pohybu jedince a je u jednotlivých čeledí žab silně diverzifikováno. K této výrazné diverzifikaci dochází v průběhu metamorfózy (Fokt 2008) v závislosti na složitosti a způsobu pohybu daného druhu (Baruš & Oliva 1992).

### 2.5 Nervová soustava

Mozek se svou organizací příliš neodlišuje od ryb (Fokt 2008). Mozek dělíme na pět základních částí (přední mozek, mezimozek, střední mozek, mozeček a prodloužená mícha),



kteřé jsou uloženy za sebou (Hanzák 1969). Dominantní řídící centrum je situováno do střechy středního mozku (*tektum*). Ten zpracovává impulzy ze smyslových orgánů a vyhodnocuje reakci na ně (například pohyb). V koncových polokoulích koncového mozku tedy nalézáme především centrum čichu (Moravec 1999). Mozeček (*cerebellum*) je u žab malý z důvodu absence postranní čáry v dospělosti. S tím souvisí i méně komplikované pohyby. Prodloužená mícha je poměrně krátká (Baruš & Oliva 1992). U žab nalezneme pouze 10 párů hlavových nervů. Z důvodu koordinace pohybů jsou mezi míchou a končetinami utvořeny nervové pletence a samotná mícha je ve střední části páteře zesílena (Moravec 1999). U žab je obecně vyvinuto rozmanité a komplikované instinktivní chování, ale schopnost učit se je velmi omezena (Baruš & Oliva 1992).

## 2.6 Dýchací soustava

U žab se setkáváme s dvěma základními druhy dýchání pomocí plicních vaků (převážně dospělci) a žáber (převážně u larev). Významný podíl má i kožní dýchání (viz úvod) (Diesener 2003). Na dýchání se podílí i silně prokrvená dutina ústní (laryngopharyngeální dýchání) (Moravec 1999). Žaberní oblouky larválních stádií jsou menší než u ocasatých a vytvářejí keříčkovité žábry, které jsou překryty řasou vytvářející dýchací komůrku (Maštěra et al. 2015). Ta je spojena s vnějším prostředím jedním či dvěma otvory. V tomto případě mluvíme o tzv. *spiraculu* (Baruš & Oliva 1992). Poloha a tvar žaber je u larválních stádií výrazným determinačním znakem (Maštěra et al. 2015). Společně se žábry nalézáme u larev i lichý dýchací otvor, který je přítomen na břiše či boku (Diesener 2003). Samotné plicní vaky jsou typické pro většinu dospělých jedinců (částečná sekundární redukce *Telmatobius culeus*). Plíce žab mají charakter ledvinovitých vnitřně zřasených útvarů a mohou obsahovat alveolární váčky (Baruš & Oliva 1992). Obecně platí, že terestrické druhy mají vývoj plicních vaků výraznější než druhy akvatické (Fokt 2008). Samotné dýchání díky absenci hrudního koše probíhá „polykáním“ bublinek vzduchu (Baruš & Oliva 1992). V laryngotracheální oblasti se vlivem průchodu vzduchu vytváří hlas, který je typický pro řád žáby (Fokt 2008). Samotné hlasové ústrojí žab je velmi složité. U samců je obvykle doplněno i o rezonanční mechanismy (Baruš & Oliva 1992). Hlasové projevy jsou pro jednotlivé druhy typické a mají svůj význam především v době rozmnožování (Maštěra et al. 2015).

## 2.7 Cévní a oběhová soustava

Srdce larev vede pouze odkysličenou krev a celá oběhová soustava je svou stavbou podobná rybám (Fokt 2008). Ke změnám dochází v průběhu metamorfózy, kdy zapojují i plicní dýchání. Po této změně je do srdce vedena i krev okysličená. Promíchávání odkysličené a okysličené krve zabraňuje přepážka uvnitř srdeční předsíně. U žab už tedy

hovoříme o rozdělení na levou a pravou srdeční předsíň. Srdeční komora však rozdělena stále není. Díky úpravě vstupů do předsíní se však obě krve výrazněji nemísí (Baruš & Oliva 1992).

Samotný krevní oběh je uzavřený. Dýchací plyny rozvádějí po těle červené krvinky (erytrocyty), které na rozdíl od savců neztrácejí jádro (Moravec 1999). Samotná životnost erytrocytů je kolem 100 dnů. Počet erytrocytů je velmi variabilní. Obecně lze říci, že terestrické druhy jich mají oproti akvatickým více. Rekordmanem u obojživelníků v počtu červených krvinek je rosnička zelená s 700 000 v mm<sup>3</sup> (Baruš & Oliva 1992). Jakožto jediné krevní elementy zůstávají erytrocyty uvnitř cév a kapilár. Krevní elementy (plazma, bílé krvinky, trombocyty, ale i hormony a živiny pro tkáň) procházejí stěnami cév a tvoří tzv. lymfu, která vyživuje tkáň (Baruš & Oliva 1992). Výraznou evoluční novinkou je vznik mízní soustavy, která je u žab tvořena soustavou mízních dutin a cév. Celý tento systém pohání několik mízních srdcí (Fokt 2008). U žab obvykle 4 až 10 (Moravec 1999). Pohyb mízy je poměrně rychlý a za jediný den se vymění až padesátkrát (Baruš & Oliva 1992).

## 2.8 Endokrinní soustava

Endokrinní soustava je tvořena několika specializovanými žlázami, které uvolňují hormony pomocí difuze do krve či lymfy (Baruš & Oliva 1992). Nejdůležitější žlázou pro průběh metamorfózy je párová štítná žláza (Hanzák 1969), která vylučuje hormony thyroxin a triiodthyronin. Tato žláza se tedy výrazně zvětšuje u larev před metamorfózou. V dospělosti se podílí především na metabolických procesech, na svlékání pokožky, spermatogenezi či regeneračních procesech a svůj zvláštní účel má i pro nástup hibernace. Pro její správnou funkci je nezbytný jod přítomný v krvi (Baruš & Oliva 1992). Evoluční novinkou jsou příštítná tělíska, která řídí hospodaření organismu s fosforem a vápníkem (Fokt 2008).

Kůře a dřeni nadledvin odpovídají struktury adrenálních žláz ve formě oranžových nebo žlutých pruhů na povrchu ledvin. Adrenalin a noradrenalin jsou uvolňovány z chromafinní tkáň a kontrolují především krevní tlak, srdeční tep, rozšiřování zorniček a další fyziologické pochody a procesy. Interrenální tkáň odpovídající kůře nadledvin uvolňuje adrenokortikoidy (Baruš & Oliva 1992). Podílejí se například na zvyšování výkonnosti svalstva, regulaci krevních cukrů (Fokt 2008) a mají svou funkci i u změn při metamorfóze (Baruš & Oliva 1992).

Samotnou hladinu cukrů v krvi řídí hormony Langerhansových ostrůvků slinivky břišní (Fokt 2008) - inzulin a glukagon (Baruš & Oliva 1992). Za vytvoření sekundárních,

ale i sezónních pohlavních znaků odpovídají hormony gonád, samčí testosteron tak i samičí vaječnickové hormony. Nadřazenou žlázou, která ovlivňuje správnou funkci předešlých žláz je podvěsek mozkový – hypofýza (Fokt 2008), která se dělí na neurohypofýzu (oxytocin, vasotocin, vasopresin – hospodaření organismu s vodou a ionty) a adenohipofýzu (thyrotropní hormon (TSH) – štítná žláza, adrenokortikotropní hormon (ACTH) – gonády a adrenokortikoidy, folikuly stimulující hormon (FSH) a luteinizační hormon (LH) – ovlivnění činnosti gonád) (Baruš & Oliva 1992).

## 2.9 Trávicí soustava

Trávicí soustavu můžeme obecně rozdělit na trávicí trubici (ústní dutina, hltan jícen, žaludek, tenké a tlusté střevo) a trávicí žlázy (játra a slinivka břišní) (Moravec 1999). V ústní dutině se nachází malé kuželovité zuby s přidržovací funkcí, které se neustále obměňují. U žab se vyskytují většinou pouze na horní čelisti. Výjimkou je úplná absence například u čeledi Bufonidae. Na obou čelistech jsou zuby vyvinuty například u jihoamerické žáby *Amphignathodon guentheri* (Baruš & Oliva 1992). V ústní dutině je přítomen lepkavý jazyk různé velikosti a tvaru přirostlý svou přední částí. Lepkavý jazyk je při lovu vyklopen z dutiny ústní a poté společně s ulovenou potravou zatažen zpět (Moravec 1999). Vychlípitelný jazyk není přítomen u larev a vodních forem (Fokt 2008). Trávicí soustava pokračuje poměrně krátkým hltanem a jícnem s řasinkovým epitelem. Další zvláštností je vakovitý žaludek s tlustou zřasenou stěnou s velkou možností roztažnosti (Diesener 2003). V žaludku probíhá především chemické a mechanické trávení potravy (Fokt 2008). Střevo je krátké (u pulců vzhledem k převážně rostlinné potravě delší) a ústí do společného vývodu trávicí, vylučovací a rozmnožovací soustavy – kloaky (Diesener 2003).

## 2.10 Vylučovací a pohlavní soustava

Stavba vylučovací soustavy je obecná. Je tvořena párovitými ledvinami, močovody a poměrně velkým močovým měchýřem (Fokt 2008), jehož oddělené vývody ústí do kloaky (Hanzák 1969). Významnou funkci v udržení osmotické rovnováhy v těle hraje močový měchýř, který je v případě potřeby schopen zpětné resorpce vody do těla (Fokt 2008). Obsah močového měchýře používají i některé druhy k obraně před predátory, kdy prudce vystříknou nahromaděnou tekutinu z řitního otvoru (Moravec 1999).

Pohlavní soustava úzce souvisí s vylučovací v případě sameců. Chámovody ústí do ledvin. Přírodní cesta moči a spermií do kloaky je tedy totožná. Párové vaječnickové ústí do více či méně specializované dělohy, kde dochází k dozrávání a tvorbě zárodků samostatnými párovými vejcovody. Pohlavní orgány jsou vyživovány tukovými tělesy, která se nacházejí v blízkosti pohlavní soustavy (Moravec 1999).

Vajíčka se uvolňují z vaječníků pokrytá pevnou vitelinní blankou. Ve vejcovodech jsou pokrývána rosolovitým obalem v několika postupných vrstvách. Výsledný tvar a velikost je dokončen až nabobtnáním ve vodním prostředí (Baruš & Oliva 1992). Velikost i počet kladených snůšek je druhově velmi variabilní. Největší (14 mm) u žab nalezneme u vakorosničky rohaté (*Gastrotheca cornuta*), nejmenší 1,5 mm klade drápatečka Boettgerova (*Hymenochirus boettgeri*). Početnost jedné snůšky se pohybuje od jediného kusu bezblanky nejmenší (*Eleutherodactylus limbatus*) po téměř 50 000 u skokana volského (*Rana catesbiana*) (Moravec 1999). Samotné oplození je u většiny žab vnější (mimo tělo samic) i když existují výjimky například ocasatka americká (*Ascaphus truei*) (Baruš & Oliva 1992). Na výsledném pohlaví vylíhlých jedinců se výrazně podílí teplota. Jsou známi případy, kdy se samci vyvíjejí za vyšších teplot než samice a naopak (Fokt 2008).

## **2.11 Smyslová soustava**

### **2.11.1 Zrak**

Poprvé v evoluci se objevují četné adaptace pro terestrický způsob života. Jedná se především o struktury chránící před vyschnutím a nečistotami. Mluvíme tedy především o očních víčkách, očních žlázách a slzném kanálku (Baruš & Oliva 1992). Tyto struktury vznikají až po metamorfóze, a larvy je tedy nemají. Slzný kanálek odvádí přebytečné výměšky očních žláz do dutiny nosní (Fokt 2008). Horní víčko je nepohyblivé. Horní část pohyblivého spodního víčka je tenká, průhledná a vytváří mžurku. U některých striktně vodních druhů žab nejsou víčka vytvořena nebo jsou redukována. Čistící funkci zajišťují především olejové oční žlázy. Oko je v klidu zaostřeno na dálku. Pro akomodaci čočky slouží sval čočky *m. protractor lentis* (Baruš & Oliva 1992). Orientace oční zornice je také jedním z determinačních znaků některých druhů, například blatnice skvrnitá (*Pelobates fuscus*) (Dungel & Řehák 2011).

Žáby vnímají dobře pohyb či změnu intenzity světla. Nepohyblivé předměty však nevidí (Fokt 2008). Přesto je zrak u žab nejvyvinutější v porovnání s ostatními obojživelníky (Hanzák 1969).

### **2.11.2 Proudový orgán**

Tento orgán je znám především od ryb. Je však přítomen převážně u larev, či striktně vodních druhů (Fokt 2008), jakým je například drápatka vodní (Kroese et al. 1978). Je složen ze speciálních buněk (neuromastů) zanořených v pokožce ve váčcích a kanálcích. Slouží především k registraci vibrací ve vodě, tlaku a proudění vody (Baruš & Oliva 1992).

### 2.11.3 Sluch a rovnováha

Sluch je pro žáby velmi důležitý z hlediska komunikace při rozmnožování, a proto je také nejvíce vyvinut (Hanzák 1969, Diesener 2003). U dospělců je přítomno střední ucho s jedinou ušní kůstkou (*collumella*). U larev tato struktura zcela chybí (Hanzák 1969). Vnitřní ucho se skládá z blanitého a kostěného labyrintu. Podobně jako u vyšších taxonů je zde uloženo centrum rovnováhy, které pomocí vápenatých částic a smyslových buněk reaguje na změnu polohy (Baruš & Oliva 1992). K vyrovnávání vnějšího a vnitřního tlaku ve sluchovém aparátu slouží Eustachova trubice. Střední ucho je ukončeno výrazným bubínkem. Vnější ucho vytvořeno není (Fokt 2008).

### 2.11.4 Čich a chuť

Speciální chemorecepční receptory jsou u žab dobře vyvinuty. Nenacházejí se pouze na sliznici, ale po celém těle jsou velmi rovnoměrně rozmístěny buňky reagující na vnější podněty (teplo, chlad, bolest apod.) (Fokt 2008). Díky této adaptaci reagují velmi citlivě na jakékoliv například chemické změny v prostředí (Baruš & Oliva 1992). Dostatečně vyhodnocují například kvalitu vody, či vhodnost suchozemského úkrytu. Chuťové buňky v podobě chuťových pohárků jsou umístěny v dutině ústní. U žab je také dobře vyvinut tzv. Jakobsonův orgán, který vyhodnocuje vhodnost ulovené potravy (Baruš & Oliva 1992). Samotný čich je pro dospělé žab celkem bezvýznamný, ale u pulců hraje významnou roli při hledání potravy (Hanzák 1969).

## 2.12 Potrava a hospodaření s vodou

V dospělosti jsou všichni obojživelníci dravci. Živí se především hmyzem, plži a dalšími terestrickými či sladkovodními bezobratlými a loví převážně živou kořist. Potravní složení je však převážně dáno nabídkou daného prostředí. Není tedy zvláštností potravní rozdílnost v rámci jediného druhu žab v závislosti na dané lokalitě výskytu. Lovná strategie představuje zpravidla pasivní číhání, ale i aktivní hledání. Kanibalismus není taktéž ojedinělý (*Rana* sp.). Rozhodujícím smyslem při hledání potravy je zrak (Baruš & Oliva 1992). Larvální stádia ihned po vylíhnutí potravu nepřijímají. Ústní otvor se vyvíjí později (Diesener 2003). Je charakterizován ústním diskem s rohovitými čelistmi a rohovitými zoubky (Maštera et al. 2015). Larvy žab jsou býložravé během postupného vývoje až všežravé. Některé druhy však mohou být striktně býložravé či i striktně dravé (Baruš & Oliva 1992).

### 2.13 Životní cyklus

Životní cyklus obojživelníků je časově velmi rozmanitý, ale základní průběh je pro všechny totožný. Obojživelníci jsou vázáni více či méně na sladkovodní prostředí. Hlavním limitujícím faktorem je absence vaječných obalů, chránících zárodek před negativními vnějšími vlivy, především potom před vysycháním jako známe například u plazů či ptáků (Baruš & Oliva 1992). Pro samotnou reprodukci je tedy u většiny vodní (nebo dostatečně vlhké) prostředí nutností. Nalezneme však opět výjimky, které tento způsob obcházejí například přímým vývojem (Fokt 2008). Základními stádii vývoje jsou tedy vajíčko, pulec a dospělec.

Vajíčka jsou kladena v různých počtech a mají různou velikost. Zárodky jsou kryty pouze slizovým obalem propustným pro vodu (Fokt 2008). Tento slizový obal slouží nejen jako ochrana před predátory, ale také chrání zárodek před plísněmi či UV zářením či slouží k vyrovnání osmotického tlaku. Později je také potravou samotných pulců (Maštera et al. 2015). Doba mezi snůškou a samotným líhnutím pulců je druhově velmi specifická (Vackar 2005). V České republice má nejrychlejší líhnutí ropucha krátkonohá (*Epidalea calamita*), nejdelší potom skokan štíhlý (*Rana dalmatina*) (Maštera et al. 2015).

Larvy žab mají oválný až hruškovitý tvar s výrazným ocasem. Pulci jsou naprosto odlišní od dospělců a byli v minulosti nejednou popsáni jako dva odlišné druhy (Hanzák 1969). Pulci se pohybují především pomocí ocasu, který po metamorfóze zakrní (Baruš & Oliva 1992). Jako první se objevují zadní končetiny, i když morfologicky se zakládají dříve přední. Pro správné určení larev a jejich relativního stáří se využívá škály stádií vývinu, které jsou podrobně popsány u jednotlivých druhů. Přesné časové stáří je velmi relativní z důvodu působení vnějších podmínek (Maštera et al. 2015).

Mezi stádiem larvy a dospělce probíhá metamorfóza (Baruš & Oliva 1992). Dochází zde ke ztrátě prvotně důležitých larválních orgánů, které jsou již pro dospělce postradatelné. Na druhou stranu se vytvářejí zcela nové struktury jako například jazyk, končetiny nebo ušní bubínek. Modifikují se také struktury typické pro obě stádia (trávicí, dýchací a krycí soustava) (Maštera et al. 2015).

### 3. Kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*)

Kuňka žlutobřichá dorůstá velikosti 40–52 mm (Hanzák 1969, Zwach 1990, Baruš & Oliva 1992, Diesener 2003); jedná se tedy o poměrně drobnou štíhlou žabku. Z dorzální strany je zbarvena hnědě, šedě až olivově s četnými bradavkami (Diesener 2003). V porovnání s příbuznou kuňkou ohnivou je na dotek pokožka výrazně drsnější a působí až ostnitě (Hanzák 1969). Na ventrální straně těla a končetin se nachází výrazné aposematické zbarvení sytě žluté s černomodrým mramorováním (Baruš & Oliva 1992). V rozmístění mramorování není dána pravidelnost. Jsou tedy unikátním a dobrým identifikačním znakem jedinců (Zwach 1990, Dáňa 2016). Tmavé mramorování téměř vždy postrádá uvnitř bílou tečku, což je jedním z odlišujících znaků od příbuzné kuňky obecné (*Bombina bombina*).



**Obr. 1** Ochranné aposematické zbarvení jedince v EVL Blovice. Zdroj: vlastní fotografie.

Dalším takovým znakem mohou být srdčité zorničky či častá (nikoliv nezbytná) žlutá skvrna na zadní straně stehen (Diesener 2003). V případě ohrožení kuňka žlutobřichá vylučuje účinný jed, který obsahuje dráždivou látku alytesin (Moravec 1999). Tato látka způsobuje i při obezřetné manipulaci alergickou reakci v podobě pálení pokožky, slzení, pálení očí apod.. Při opakované manipulaci se reakce stává prudší a nastává i zduření a překrvení sliznic (Dáňa 2016). V rámci složení kožních sekretů kuňky žlutobřiché byl popsán i potenciál těchto látek k tvorbě přírodních antidiabetických látek, jelikož obsahuje peptidy s inzulinovou aktivitou (Marenah et al. 2004). V případě ohrožení je vyvinut unikátní obranný mechanismus „kuňčí reflex“. Kuňka se prohne, zdvihne končetiny a ukáže predátoru obranné zbarvení (Janoušková et al. 2009). Někteří autoři uvádějí i druhou fázi tohoto reflexu, kdy se kuňka přetočí a ukáže kompletní zbarvení (Hudáková 2013). V případě lokality EVL Blovice však tato fáze zaznamenána nebyla (Vlach et al. 2013, Dáňa 2016). Kuňka žlutobřichá se obecně dožívá kolem 20 let (Dino et al. 2011). Jsou však známy exempláře ze zajetí dožívající se až

36 let (Baruš & Oliva 1992). Pro chov v zajetí je však nezbytná hluboká znalost biologie a ekologie chovaného druhu (Kohler 2002).

### 3.1 Rozmnožování

V době páření se samcům vytvářejí pářící mozoly na předních končetinách a postrádají zvukové měchýřky (Hanzák 1969). Samci se shlukují v několika jedincích v jediné tůni a ozývají se poměrně tichým ale znělým „unk“ dvakrát za vteřinu v chóru. Díky tomuto chování je zvuk umocněn a slyšitelný poměrně na dlouhou vzdálenost. Samci udržují vzájemný odstup 40–50 cm (Diesener 2003). Je zde tedy patrná jistá dávka teritoriality, která se nazývá minimální teritorium, což zjednodušeně znamená, že nemůže být překročen maximální počet jedinců v tůni (Baruš & Oliva 1992). Při páření je samice samcem zachycena v tzv. amplexu (pevné chycení předními končetinami samce před stehny samice (Dungel & Řehák 2011) a dochází k samotnému kladení. Jediná samice naklade za jedinou sezónu až 300 vajec, které nalepuje na ponořenou vodní vegetaci (Maštera 2017). V průměru však naklade za jednu sezónu 210 vajec (Anonymus 2018). Při jediném rozmnožování samička postupně klade kolem 100 vajec, která jsou postupně vnějšně oplodňována samcem (Diesener 2003). Tyto snůšky jsou obvykle kladeny ve shlucích čítajících kolem 30 vajec (Maštera 2017), ale mohou být kladena i jednotlivě. Velikost vajec včetně slizového obalu dosahují 7–8 mm, samotná hnědožlutá vajíčka potom 2 mm (Baruš & Oliva 1992). Pulci se dle vnějších podmínek líhnou po 5 až 7 dnech. Samotný vývoj pulců až do počátku metamorfózy trvá kolem dvou měsíců (Zavadil et al. 2011). Vše však závisí na vnějších podmínkách, například teplotě vody (Baruš & Oliva 1992). Pulci dosahují velikosti kolem 55 mm. Mají obvyklý vejčitý tvar (při pohledu shora). Dýchací otvor se nachází na břiše. Ploutevní lemy jsou relativně vysoké. Na trupu lze sledovat mřížkování přecházející z ploutevního lemu. Trup je hnědavý, šedý, někdy až do zelených odstínů (Maštera et al. 2015).

Pohlavní dimorfismus u dospělců není příliš patrný. U samců nacházíme tmavě zbarvené plošky na předloktích, na chodidlové straně a třetím prstu přední končetiny. Dále byla vysledována menší vzdálenost mezi očními víčky u samců, což jednoznačně poukazuje na větší šíři hlavy samic (Baruš & Oliva 1992). Jsou dokázány také nepatrné rozdíly v délce a rozměrech obou párů končetin v závislosti na pohlaví (Di Cerbo & Biancardi 2001).

### 3.2 Biotopy

Kuňka žlutobřichá má širokou ekologickou valenci. Běžně osidluje menší stojaté vody, tůně (Baruš & Oliva 1992), koleje lesních cest (Sklenář 1979), odkaliště, pískovny, kaolínky, zvodnělé tankodromy apod. (Maštera et al. 2015). Její výskyt je situován do vyšších poloh dosahujících až 1500 – 2000 m. n. m.. Potvrzený je i výskyt v rašeliništích



(Diesener 2003) či mokřadech (Gerhatova 2013). Osidlování širokého spektra biotopů potvrzuje např. Denoěl (2004), taktéž Covaciu-Marcov et al. (2010) poblíž vodních toků, i když výskyt v tekoucích vodách je u tohoto druhu spíše náhodný (Diesener 2003). Autoři také uvádějí preferenci tůní bez jiných druhů obojživelníků především z důvodu predace (Jablonski 2012). Jsou potvrzeny však jisté preference ve volbě stanovišť, a to na strukturovaná (Vlach et al. 2013) a prosvětlená stanoviště (Frick 2002). V období sucha dospělci žijí výrazně terestricky.

Rozmnožování probíhá v České republice při dostatku vody celou vegetační sezónu, tedy od března až výjimečně do srpna (Maštěra 2017). Poměrně vzácným jevem je rozmnožování vícekrát za sezónu (Barandun et al. 1997a), který však někteří autoři popisují jako běžné (Matějů et al. 2014). Tento způsob rozvrstvení kladení eliminuje predaci pulců. V jeden časový interval se v tůni nenachází přílišné množství pulců a v případě vyschnutí nepřichází samice o celoroční přírůstek potomstva naráz (Diesener 2003).

### **3.3 Zimování**

Kuňky zimují na souši (Baruš & Oliva 1992) v období od září/října až března/dubna, kdy opět migrují na lokality (Maštěra et al. 2015). Zimování probíhá převážně na souši v děrách, štěrbinách či pod kmeny stromů. Je však potvrzeno vzácně i zimování ve vodním prostředí (Zavadil et al. 2011). Obecně u žab je známa jistá věrnost konkrétním tůním. Není však známo, na jakém principu tato schopnost stojí (Cloudsley-Thomson 1988).

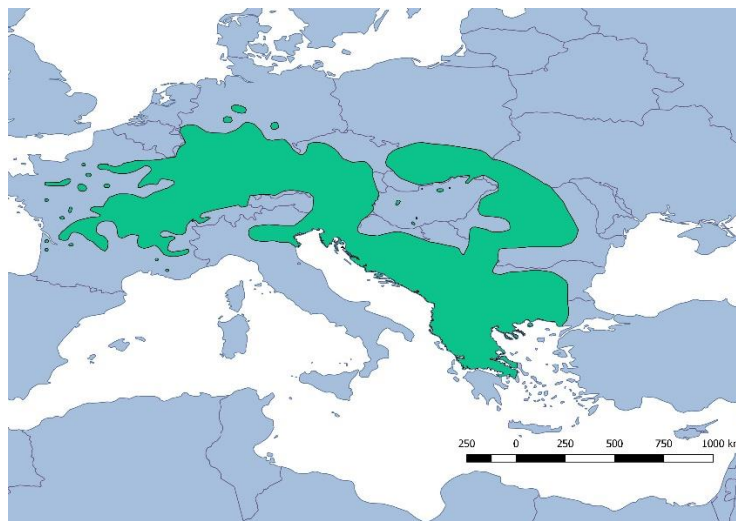
### **3.4 Potrava**

Dospělci jsou draví. Loví především v noci (Hanzák 1969). Loví převážně na souši, ale jako jediný druh žab žijící v České republice je schopna lovu i ve vodě (Maštěra et al. 2015). Potravní spektrum je závislé na potravní nabídce bezobratlých na lokalitě. Obecně však v potravě převládají suchozemští bezobratlí, vzhledem k spíše terestrickému způsobu života. Dále je kuňka uváděna jako významný predátor larev komárů v lesních biotopech (Baruš & Oliva 1992).

### **3.5 Výskyt ve světě**

Kuňka žlutobřichá je pouze evropským druhem. Nevyskytuje se v severní a jihovýchodní Evropě. Vyskytuje se ve čtyřech poddruzích *Bombina variegata pachypus*, která se vyskytuje v Itálii jižně od řeky Pád, *Bombina variegata scabra* na Balkánském poloostrově, *Bombina variegata kolombatovci* žijící v chorvatské Dalmácii a nejrozšířenější *Bombina variegata variegata*, která se vyskytuje ve středozemí Beneluxu, Francii, jižním

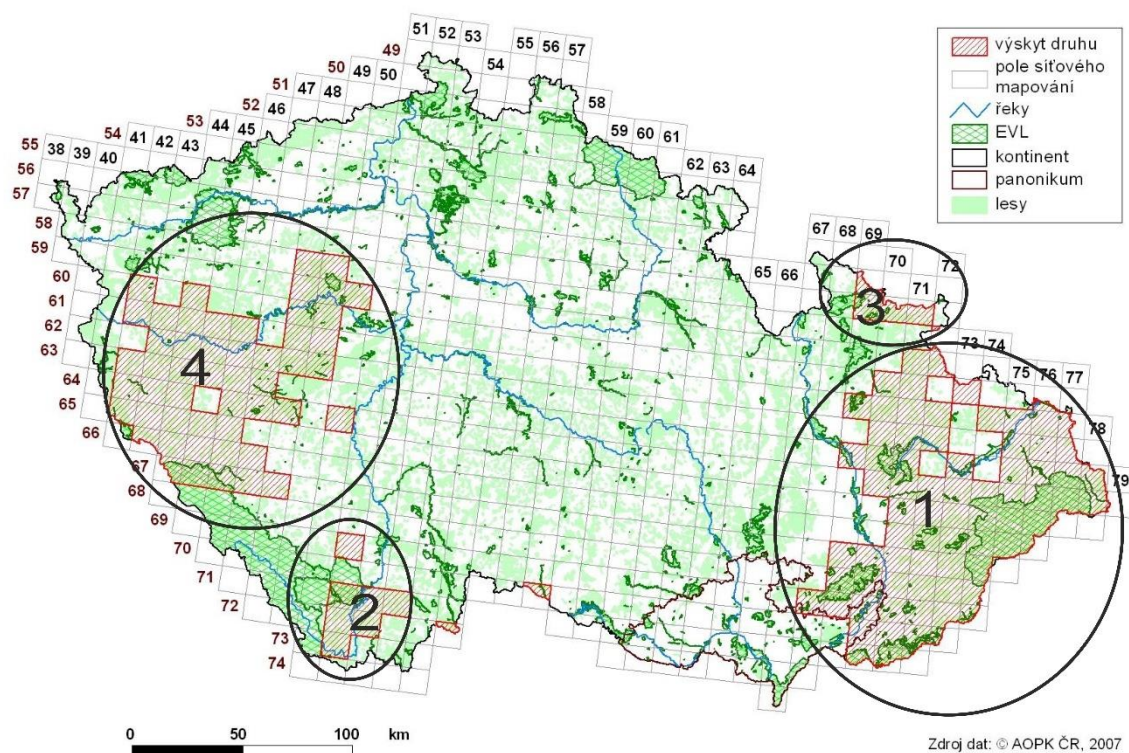
a západním Německu, České republice, Slovensku a v severní části Balkánského poloostrova (Diesener 2003). Je doložen i výskyt v jižním Polsku a západě Ukrajiny (Zavadil et al. 2011).



**Obr. 2** Rozšíření kuňky žlutobřiché (*Bombina variegata*) v Evropě zpracováno v programu Qgis. Zdroj dat: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

### 3.6 Výskyt v ČR

V České republice osidluje rozličné biotopy v rozmezí nadmořských výšek 200–900 m. n. m.. Oblasti výskytu jsou rozděleny na čtyři vzájemně oddělené podoblasti 1. Karpatská – levý břeh Moravy s přesahem do Oderských vrchů. Ojedinelý výskyt v oblasti Ostravské pánve a Opavské pahorkatiny, 2. okolí Českého Krumlova, 3. početná populace s přesahem do jižního Polska v oblasti Zlatých hor a 4. areál jihozápadních Čech s klínovitou strukturou přes Plzeňsko až po Berounsko (Zavadil et al. 2011). V oblastech nižší nadmořské výšky dochází k překryvu areálů s příbuznou kuňkou obecnou. S tímto druhem se kříží a vytváří hybridní zóny. Samotní jedinci jsou poté velmi těžko identifikovatelní, jelikož lze sledovat znaky příslušné oběma druhům a jedinou spolehlivou metodou zůstává genetický rozbor (Gollmann et al. 1988).



**Obr. 3** Mapa výskytu kuňky žltobřiché v České republice rozdělená do čtyřech základních oblastí (1. Karpatská, 2. oblast jižních Čech, 3. okolí zlatých hor, 4. západní Čechy). Zdroj: upraveno podle [www.biomonitoring.cz](http://www.biomonitoring.cz)

Obecně lze říci, že významnou roli v rozšíření hraje právě nadmořská výška. Preference spíše vyšších oblastí typické pro kuňku žltobřichou jsou potlačeny vhodnými biotopy v nižších oblastech, což výrazně zvyšuje možnost křížení obou druhů (Zwach 2009).

Starší záznamy poukazují na ojedinělý výskyt v oblasti Žďárských vrchů. Poukazují však na neověřitelné informace (Sklenář 1979). Podobně ojedinělý a neověřitelný výskyt je popisován z Karlovarského kraje. Je popisováno například jako ozva samce na Bečovsku (1994), tři adultní jedinci na Chebsku (1983), či nalezení jediné snůšky u Skalné (2010). Pravděpodobnost migrace z Plzeňského kraje je teoreticky možná, ale aktuální výskyt je velmi diskutabilní a bylo by třeba jej důkladněji prověřit (Matějů et al. 2014). Z Plzeňského kraje mluvíme o ostrůvkovitě početně kolísajícím výskytu (Janoušková et al. 2009). Jako významná lokalita je uváděna právě evropsky významná lokalita v Blovicích (Vlach et al. 2013, Dáňa 2016). V oblasti východního areálu ji lze poměrně běžně nalézt například v Beskydech (Zwach 2009). Nejnovější dostupné informace z vysočiny její přítomnost v kraji Vysočina nepotvrzují (Maštera 2017).

### 3.7 Právní ochrana a management biotopů

Do problematiky ochrany a managementu biotopů je třeba nahlédnout velmi ze široka. Obecně známý je úbytek vhodných biotopů. Stěžejních hypotéz, proč k tomuto jevu dochází je hned několik a různou měrou souvisejí, či nesouvisejí s činností člověka.

První hypotéza zahrnuje změnu a fragmentaci biotopů. Člověk přetváří krajinu vysušováním a tvorbou urbanizovaných prostor, nadměrně využívá menších vodních ploch k rybochovu často doprovázený likvidací pro obojživelníky nepostradatelných litorálních porostů, slepých ramen apod. (Zavadil et al. 2011). Před rokem 1989 bylo území současné České republiky výrazně přetvořeno k zemědělským účelům. Celkové odvodnění zasáhlo 25,4 % zemědělské půdy a bylo využíváno intenzivních výrobních postupů, které mimo jiné znečistili životní prostředí cizorodými látkami (Machar et al. 2014). Pro kuňku žlutobřichou se v této kategorii hypotézy objevuje například zpevňování cest, odvodňování příkopů, zasypávání výmolů na cestách, necitlivé rekultivace pískoven a lomů, zarůstání tůní, opouštění vojenských cvičišť, zasypávání tůní odpadem, využívání drobných rybníčků pro rybochovy, likvidace starých požárních nádrží a koupališť apod. (Zavadil Vít 2008). Samotná fragmentace biotopů ohrožuje především pravidelné migrační tahy. Příkladem může být rozdělení areálu zpevněnou frekventovanou komunikací, kde dochází k mechanické mortalitě migrujících jedinců (Miko 2009). Moderní stavba komunikací poskytuje často migrační přechody, které jsou však velmi vzdálené a pro poměrně pomalého živočicha jsou přesto výraznou migrační bariérou (Kostkan 2013).

Druhá hypotéza souvisí s životním cyklem kuňky žlutobřiché, který je úzce spjat s teplotou. Je tedy jasné, že i minimální teplotní změny negativně ovlivňují její fitness (Baruš & Oliva 1992) a je v tomto ohledu nutné přikládat důležitost i globální klimatické změně.

Poslední výraznou hypotézou je chemické znečištění především využíváním nešetrných hnojiv, pesticidů, či těžkých kovů, jejichž působením se výrazně snižuje životaschopnost celých populací (Vackar 2005). Nelze opomenout přirozené důvody mortality v podobě výskytu chorob, které dokáží decimovat celé populace. Vedle plísňových či parazity způsobenými onemocněními (Zwach 2009) za bližší zmínku stojí velice aktuální téma chytridiomykóza. Plísňové onemocnění způsobené původcem *Batrachochytrium dendrobatidis*, způsobující vysokou mortalitu vlivem rozkladu keratinu. Tato choroba je celosvětově rozšířena (Garner et al. 2006) a byla potvrzena i v České Republice například na mosteckých populacích kuňky obecné v roce 2009 (Maštera et al. 2015).

Samotná náprava antropogenních zásahů je však velmi složitá a lokálně i druhově specifická. Není však zajištěn návrat alespoň k původnímu stavu. Nejdůležitější je tedy

udržovat stávající lokality výskytu. Pro kuňku žlutobřichou je nezbytné sledování stavu populací, a především stádia sukcese erudovaným odborníkem (Zavadil Vít 2008).

U kuňky žlutobřiché můžeme management lokalit rozdělit na vodní a terestrické prostředí.

### **3.7.1 Vodní prostředí**

V nezarybněných mělkých tůních bez potřebného managementu dochází při vhodných podmínkách k rozvoji vegetace, a tedy postupnému zániku těchto biotopů (Zavadil Vít 2008). Na druhé straně vývojová stádia kuňky nalézají ve vegetaci úkryt, či na ni kladou snůšky (Maštěra et al. 2015). Je tedy ideální udržovat mírnou ponořenou vegetaci. Je nutné zabránit nadbytečnému stínění křovinnou a stromovou vegetací, jelikož kuňky spíše preferují dostatečně osluněné tůně (Frick 2002). Neopomenutelným faktorem nadměrného množství vegetace je, že neblaze působí na vysychání tůní spotřebou vody a rychlejším zazemněním (Zavadil Vít 2008).

### **3.7.2 Terestrické prostředí**

V rámci lokalit vzniklých disturbancí je nutné provádět management, který zabráni především zazemnění mělkých terénních depresí. Jako vhodný typ managementu se ověřilo pořádání autokrosových a motokrosových závodů, či závodů vojenské techniky konaných ideálně v období od 15. října do 15. dubna (Zavadil Vít 2008). Je však potvrzeno, že pravidelná disturbance i mimo tento časový interval je pro populaci prospěšná (Dáňa 2016).

## **3.8 Právní ochrana**

V České republice je v současnosti potvrzen výskyt 21 druhů obojživelníků (Vackar 2005). Obojživelníci jsou chráněni zákonem. Kromě skokana hnědého (*Rana temporaria*) jsou všechny druhy žijící trvale v ČR evidovány v kategorii zvláště chráněných druhů s různým stupněm ohrožení. Výjimku tvoří čolek dunajský, který je chráněn jako poddruh čolka velkého a skokan hnědý, který nepodléhá zvláštní ochraně v rámci legislativy ČR (Zavadil et al. 2011). Tyto údaje jsou zaneseny v 2. příloze vyhlášky Ministerstva životního prostředí č. 395/1992 Sb. (Tichotová 2006). V celoevropském měřítku byly na základě směrnice rady Evropského hospodářského společenství 92/43/EHS z 21. 5. 1992 zaevidovány Evropsky významné lokality (EVL), jejichž seznam je uveden v soustavě NATURA 2000 (Kolář et al. 2012). Kuňka žlutobřichá je uváděna v červeném seznamu ČR jako kriticky ohrožený (Chobot & Němec 2017), ve vyhlášce Ministerstva životního

prostředí č. 395/1992 Sb. jako ohrožený a dle vyhlášky č. 175/2006 Sb. jako silně ohrožený druh. V celoevropském rámci je uvedena v červeném seznamu (Zavadil et al. 2011).

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## Úvod

Tato část se zabývá výzkumem na evropsky významné lokalitě v Blovicích, který probíhal v letech 2014, 2015 a 2017. Práce hodnotí populační charakteristiky kuňky žlutobřiché ve vztahu k morfologii tůní a jejich změně v čase. Vzhledem k zásadní změně managementu lokality dále simuluje další vývoj populace v horizontu následujících 30 let. Na základě těchto dat a jejich hodnocení budou definovány návrhy pro management na této významné západočeské lokalitě výskytu kuňky žlutobřiché. Tato práce si také klade za cíl sjednocení a celkové zhodnocení dosavadních znalostí z této lokality, a tedy navazuje na předešlé práce (Vlach et al. 2013, Dáňa 2016).

## 4. Materiál a metody

Sběr dat byl realizován v letech 2014, 2015 a 2017. V roce 2015 byl vydán výzkumný záměr s platností období 10. 9. 2014 – 31. 12. 2016 k manipulaci a odchytu s druhem kriticky ohroženým (*Rana ridibunda*), silně ohroženými druhy (*Triturus vulgaris*, *Triturus cristatus*, *Bufo viridis*, *Rana lessonae*, *Pelophylax esculentus*, *Bombina variagata*) a druhem zvláště chráněným (*Bufo bufo*) na evropsky významné lokalitě Blovice. Zvláštní povolení k této manipulaci bylo uděleno RNDr. Pavlu Vlachovi, Ph.D. a Michalu Dáňovi. V obdobích mimo platnost výzkumného záměru byla lokalita monitorována pouze vizuální metodou viz dále.

## 5. Popis lokality

EVL Blovice se nachází v západních Čechách přibližně 20 km jihozápadně od Plzně (GPS středu lokality 13°31'41" v.d., 49°34'58" s.š.). Rozloha celé EVL je 7,82 ha a leží v nadmořské výšce 410–439 m. n. m. (AOPK 2006). Jde o oblast bývalé cihelny a v minulosti se zde těžily hlinito – písčité půdy. V současnosti je lokalita protkána množstvím nezpevněných cest s výskytem množství vodních ploch různého charakteru, od periodicky vysychajících kaluží po trvalé přirozené i v rámci managementu uměle vytvořené tůně. Nalezneme zde také dvě větší vodní plochy, které se vyskytují na místech bývalých těžebních jam, ty však z hlediska nevhodnosti (například výskyt predátora okouna říčního (*Perca fluviatilis*)) nebyly ve výzkumu zahrnuty (Vlach ústní sdělení). V rámci péče o lokalitu zde probíhal pod odborným dohledem odboru životního prostředí plzeňského kraje jedenkrát ročně závod vojenské techniky tzv. Blovicí smyk ([www.blovickysmyk.kvalitne.cz](http://www.blovickysmyk.kvalitne.cz)). V současnosti (od roku 2017) však tento způsob managementu neprobíhá. Místo pravidelného prohlubování tůní pomocí autokrosových závodů dochází v současné době k přirozenému sukcesnímu procesu, který je doprovázen především výrazným rozvojem bylinné, křovinné, stromové i akvatické vegetace a postupným



zazemňováním tůní. Z floristického hlediska jsou nejvíce zastoupeny bahenní druhy (*Alisma plantago aguatica*, *Typha sp.*, *Juncus sp.*, *Lemna minor*), dřeviny (*Salix fragilis*, *Betula pendula*) a byliny (*Trifolium pratense*, *Dactylis glomerata*, *Potentilla anserina*, *Lotus corniculatus*, *Poa sp.*). Evropsky významná lokalita zde však byla vyhlášena na základě výskytu kuňky žlutobřiché. Kromě kuňky zde nalezneme i další druhy obojživelníků: čolka obecného (*Triturus vulgaris*), ropuchu obecnou, skokana hnědého a skokana zeleného (*Pelophylax esculentus*) a plazů: ještěrku obecnou (*Lacerta agilis*), slepýše křehkého (*Anguis fragilis*) a užovku obojkovou (*Natrix natrix*) (Dáňa vlastní pozorování).

## 6. Metody sběru dat

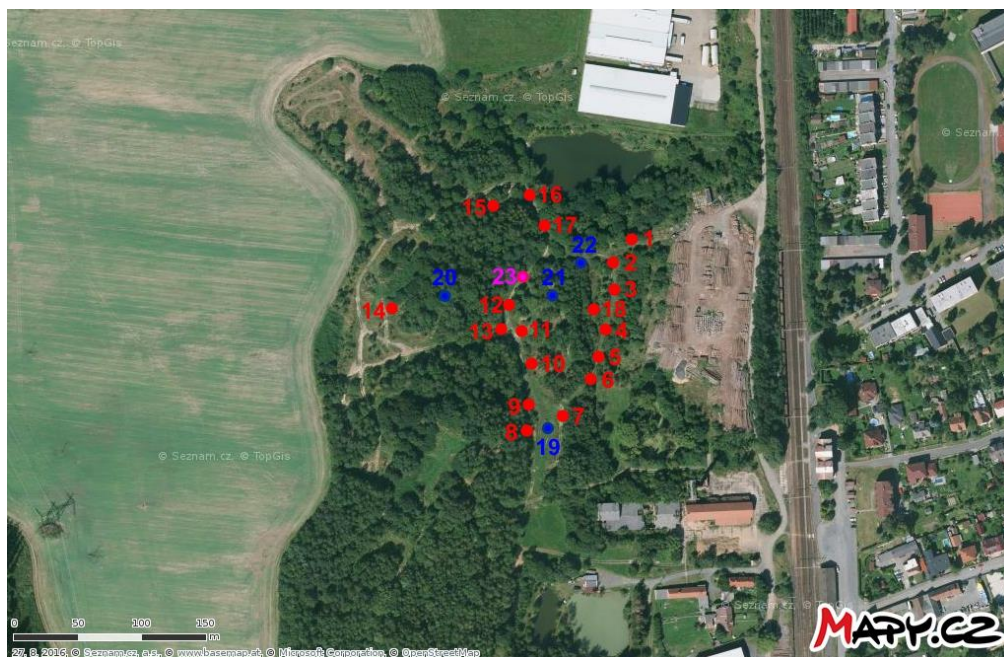
### 6.1 Metodika sběru primárních dat

#### 6.1.1 Měření environmentálních parametrů tůní

Během sezóny 2017 bylo sledováno několik předem definovaných parametrů u 23 tůní různého charakteru. Celkem byla lokalita pro sběr těchto dat navštívena 9×. Při každé návštěvě byly zaznamenány tyto parametry: délka a šířka tůně (pomocí svinovacího pásma), průhlednost (binárně; je-li či není vidět na dno), průměrná hloubka (aritmetický průměr tří naměřených hodnot pomocí svinovacího metru), teplota (plovoucí akvaristický teploměr) a metodou vizuálního sledování zaznamenány počty jednotlivých věkových stádií kuněk rozděleny do třech základních kategorií (juvenil <2 cm, subadult 2-4 cm, adult >4 cm). Při každé návštěvě byla dále zaznamenána teplota vzduchu a aktuální stav počasí. Přítomnost larválních stádií byla pro rok 2017 realizována dle vzorce: počet pulců v prostoru 30 × 30 cm × plocha tůně. Kategorie přítomnosti snůšek byla definována dvěma hodnotami jako přítomné, či nepřítomné.

V průběhu sezóny bylo hodnoceno zastoupení submerzní i emerzní vegetace a jejího vlivu na zastínění tůní. Parametry zastínění tůní u submerzní i emerzní vegetace byly hodnoceny dosti subjektivně. Parametr submerzní a emerzní vegetace byl rozdělen do čtyř kategorií (0-25 %, 25-50 %, 50-75 % a 75-100 %) a průběžně hodnocen. Hodnota celkového zastínění tůní byla hodnocena obdobně na základě vlastního pozorování a fotografické dokumentace. Byla rozdělena taktéž do čtyř kategorií dle stejného klíče jako u vegetace.

Vzhledem k jisté netolerantnosti kuněk k přítomnosti jiných živočichů v tůních, byla sledována jejich přítomnost (Jablonski 2012). Častým jarním jevem byla přítomnost čolka obecného, dále potom užovky obojkové či skokana zeleného.



**Obr. 4** Mapa rozmístění jednotlivých sledovaných tůní v EVL Blovice s barevným rozlišením dle let ((2014) červená, (2015) červená a modrá, (2017) červená, modrá a růžová). Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

### 6.1.2 Dohled na lokalitě v průběhu Blovickeho smyku

V době konání Blovickeho smyku v sezónách 2015 a 2016 docházelo po konzultaci s organizátory této akce k vymezení tůní, které nebudou v rámci tohoto závodu projížďeny. Po skončení závodu v roce 2015 byl proveden sběr usmrčených adultních jedinců a odhadnuto poškození tůní. Data o vývoji tůní (změny – zmenšování – hloubky), které nebyly projížďeny, byly použity při odhadu postupného zarůstání a zazenňování tůní v rámci analýzy Vortex.

### 6.2 Využití sekundárních dat

K vyhodnocení bylo využito dat početnosti jednotlivých věkových stádií pro rok 2012 z této lokality (Vlach et al. 2013), kvalifikovaného odhadu početnosti populace dle Schnabelové pro rok 2015, dat environmentálních parametrů 18 (2014) a 22 (2015) tůní a dat o poměru pohlaví zpětně odchycených jedinců z mé bakalářské práce (Dáňa 2016). Pro srážkovou korekci výpočtů bylo využito dat o ročních srážkách z poloprofesionální meteorologické stanice v Blovicích online dostupných na [www.inpocasi.cz](http://www.inpocasi.cz). V rámci diskuze dat průměrných ročních srážek pro Plzeňský kraj online dostupných na [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz).

## 7. Metody vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení dat bylo využito softwarů NCSS 9, Excel 16 a Vortex 10 (Lacy and Pollak 2014).

### 7.1 Zánik tůní

Zánik tůní byl hodnocen na základě naměřených parametrů hloubky u sledovaných tůní. U těchto hodnot byla vypočtena průměrná hloubka a provedena srážková korekce v daném roce. Tůně byly rozděleny do dvou skupin dle disturbance v rámci Blovického smyku na neprojízdné (tůň 1, 14, 18, 19, 20, 21 a 22) a projízdné (ostatní tůně). Z každé ze skupin bylo vybráno modelových tůní ke grafickému hodnocení vývoje průměrné hloubky v softwaru excel 2016.

### 7.2 Odhad početnosti jedinců

Odhad početnosti jednotlivých věkových stádií v sezónách 2012, 2014, 2015 a 2017 byl vypočten na základě odhadu početnosti adultních jedinců dle Schnabelové (2015) a skutečně zjištěného počtu jedinců při jednotlivých návštěvách v daném roce. Kalkulace zohledňovala statistickou chybu a byla vypočtena na základě průměru početností a 95 % intervalu spolehlivosti.

### 7.3 Vortex 10

Software určený ke stochastickému modelování populační dynamiky populací živočichů na základě environmentálních, genetických či demografických proměnných zkoumané populace (Lacy & Kelly 2017). Modelace probíhá na základě pravděpodobnosti zániku populace, která zahrnuje jednotlivé hrozby přežití specifikované autorem (Lacy 1993). Mezi tyto proměnné patří například pravděpodobnost katastrofy, poměr pohlaví, věková struktura populace, mortalita apod. Simulace se opakuje pro každý rok, aby bylo zachyceno co nejvíce situací, které může daná populace prodělat (Lacy & Kelly 2017). Extrémní situace jako je ztráta stanovišť či konkurence zavlečených i domácích druhů často vedou k výrazným poklesům v rámci populací. Tyto situace jsou však často zachycovány standardními ekologickými metodami.

Vortex je nástrojem pracujícím s náhodnými výkyvy, které mohou mít za následek vyhynutí i u populací v průměru s pozitivním populačním růstem. Tato situace je častější především u málo početných či izolovaných populací. Vortex slouží především k nastínění pravděpodobných velikostních, věkových, genetických či pohlavních změn v populaci a poskytuje odhad doby zániku či možné rekolonizace biotopu (Lacy 1993).

Pro tvorbu modelací je nutné zadání vstupních hodnot založených na faktech z literatury, výsledcích ze softwarů NCSS 9, Excel 16 a vlastního sledování na lokalitě (viz níže).

### **7.3.1 Vstupní data Vortex**

Jednotlivá vstupní data jsou v rámci programu rozčleněna do několika kategorií. V podkapitolách jsou popsány pouze proměnné, které byly v rámci této práce doplněny.

#### **7.3.1.1 Scenario settings**

V rámci scenario settings byly nastavovány základní informace o souboru, jakými jsou název populace, počet opakování situací modelace, počet let modelace a počet dní v roce, po které je simulace počítána. Dále zde byl definován počet populací a kritická hodnota definice zániku.

#### **7.3.1.2 Species description**

Do species description byla zadávána pouze hodnota pro významnost environmentálních ekologických parametrů mezi reprodukcí a přežíváním jedinců.

#### **7.3.1.3 Reproductive system**

U reprodukčního systému jsou zadávány základní vlastnosti populace, věk pohlavní dospělosti, maximální věk jedinců schopných rozmnožování, maximální věk jedinců, počet rozmnožování v rámci jedné sezóny, maximální počet mláďat při jednom rozmnožování a poměr pohlaví po metamorfóze. Byly použity literární údaje (Baruš & Oliva 1992, Barandun et al. 1997a, Dino et al. 2011, Maštera 2017).

#### **7.3.1.4 Reproductive rates**

V této kategorii bylo zadáváno odhadnuté procentuální zastoupení samic, které se mohou rozmnožovat v daném roce a průměrná velikost snůšky se směrodatnou odchylkou vycházející z literárních zdrojů (Anonymus 2018).

#### **7.3.1.5 Mortality rates**

Mortalita byla nastavena u obou pohlaví totožně. Mortalita do jednoho roku byla vypočtena z absolutních hodnot juvenilních (2014) a subadultních jedinců (2015). Na základě těchto dat byla vypočtena procentuální neúspěšnost juvenilních stádií. Mortalita subadultních jedinců byla pouze odhadnuta a u adultních jedinců převzata z literatury (Barandun et al. 1997a).

### 7.3.1.6 Catastrophes

V jednotlivých modelech bylo počítáno s celkem třemi možnými lokálními katastrofami nazvané Blovický smyk, zazemnění a sucho. U každé z katastrof byla definována hodnota frekvence výskytu katastrofy, její vliv na reprodukci a přežití stávající populace.

U **Blovického smyku** byla hodnota ovlivnění přežití vypočtena z nalezeného počtu usmrcených jedinců při Blovickém smyku v roce 2015 vynásobeném čtyřmi (z důvodu výrazného zakalení většiny projetých tůní byla stanovena úspěšnost nalezení těchto jedinců na 25 %) a výsledné procento byla vypočteno z podílu skutečně viděných adultních jedinců ku odhadu Schnabelové z roku 2015 (dle Dáni 2016). Ovlivnění reprodukce bylo odhadnuto na základě vizuálního poškození projížděných tůní po Blovickém smyku v roce 2015.

Druhou lokální katastrofou bylo **zazemnění tůní**. Rychlost zazemnění byla hodnocena na základě dat z let 2014–2017 u tůní, které nebyly projížděny při Blovickém smyku (viz výše). Pro tyto tůně byla vypočtena lineární regresí rovnice přímky, popisující zazemňování tůní na lokalitě. Byly vypočteny dvě rovnice křivek, a to pro tůně do 10 cm a nad 10 cm. Na základě těchto rovnic byl vypočten předpokládaný rok zániku všech sledovaných tůní (ve skupinách do 10 cm a nad 10 cm, s přepočtem na srážkové korekce dle celkového úhrnu srážek v daném roce – viz výše) na lokalitě bez konání Blovického smyku, či jiné obdobné disturbance.

Výsledné hodnoty pro ovlivnění přežití a reprodukci u této katastrofy vycházely z průměrné hodnoty zaniklých tůní za rok v následujících sezónách, a tedy ztráty reprodukčních stanovišť odrážejících se na předpokládaném počtu vajíček v každé ze sledovaných tůní na lokalitě. Tento předpokládaný počet vajíček byl vypočten na základě odhadu počtu samic metodou Schnabelové z roku 2015 (Dáňa 2016) násobený průměrným počtem vajíček (210 ks (Barandun et al. 1997a)) na jednu samici. Tento celkový počet vajíček byl vydělen počtem reprodukčních tůní, a tak byla získána průměrná hodnota vajíček na jednu reprodukční tůň.

Třetí katastrofou bylo **vyschnutí**. Frekvence vyschnutí (tj. pravděpodobnost jevu) byla vypočítána z procentuálního zastoupení celkového součtu návštěv sledovaných tůní v roce 2015, kdy byla tůň zcela bez vody, porovnaného s celkovým počtem všech návštěv u všech tůní bez ohledu na existenci tůně.

Výpočet ovlivnění reprodukce byl vypočten takto:

1. u každé tůně při každé návštěvě od dubna do srpna byl proveden odhad početnosti samic v tůni (na základě poměru odhadu početnosti dle Schnabelové a skutečně viděných jedinců a na základě poměru pohlaví dle Dáni 2016),
2. vývoj jedince od naklazení po metamorfózu trvá dva měsíce a každá samice naklade 210 (SD = 90) (Anonymus 2018),
3. celkový počet vylíhnutých pulců byl vypočten jako celkový počet samic odhadnutý metodou Schnabelové (Dána 2016) a průměrného počtu vajíček (210 (Anonymus 2018)).
4. Poměr mezi maximálním množstvím vajíček – metamorfovaných pulců a odhadu skutečně metamorfovaných pulců v tůních, které nevyschly, byl použit jako ovlivnění reprodukce jevu **vyschnutí**.

#### **7.3.1.7 Mate monopolization**

Zde byla zadána pouze hodnota pro zastoupení samců v populaci založená na základě odhadu (Mgr. D. Fischer ústní sdělení).

#### **7.3.1.8 Initial population size**

Zde bylo zadáváno specifické rozvrstvení populace dle pohlaví a věku. Věk do jednoho roku (juvenil) vycházel z výpočtu podílu skutečně viděných adultních jedinců ku odhadu Schnabelové z roku 2015 (dle Dána 2016). Pohlaví juvenilních jedinců bylo rozděleno dle poměru 1:1. Počet subadultních jedinců byl vypočten stejným způsobem jako juvenilních. Pohlaví subadultních jedinců bylo určeno dle poměru zpětně odchycených jedinců v roce 2015 (Dána 2016). Početnost adultních jedinců vycházela z kvalifikovaného odhadu Schnabelové 2015 (648). Věkové rozvrstvení adultních jedinců bylo stanoveno na základě meziročního přežívání adultů 62 % (Barandun et al. 1997a).

#### **7.3.1.9 Carrying capacity**

Maximální únosnost prostředí (K) byla vypočtena z odhadu počtu adultních jedinců v letech 2012–2017 (odhad počítán na základě odhadu početnosti Schnabelová (2015) a skutečně zjištěného počtu jedinců při jednotlivých návštěvách). Kalkulace K zohledňuje statistickou chybu a je vypočtena na základě průměru početnosti v letech 2014, 2015 a 2017 a 95 % intervalu spolehlivosti. V případě využití katastrofy zazemnění v modelaci zde byla definována změna (K) v závislosti na čase (tj. snížení K v důsledků zániku reprodukčních stanovišť).

## 8. Výsledky

Výsledky jsou prezentovány ve čtyřech logických celcích: 1. výpočet odhadu počtu adultních jedinců v letech 2012–2017 počítán na základě odhadu početnosti Schnabelové (2015), dle Dáni (2016) a skutečně zjištěného počtu jedinců při jednotlivých návštěvách, 2. vyhodnocení průměrné hloubky ve vybraných tůních a jejich změny v důsledku absence Blovického smyku, 3. zahrnovala vyhodnocení vstupních dat do softwaru Vortex a 4. samotné výstupy z tohoto programu.

### 8.1 Vyhodnocení odhadu početnosti jedinců

Výsledné hodnoty počtu jednotlivých věkových stádií v každém roce doplněné o interval spolehlivosti. Z výsledků je patrné výrazné zvýšení početnosti adultních stádií v roce 2014 oproti ostatním sledovaným sezónám. Naopak nejméně adultních stádií bylo zaznamenáno v roce 2017. U subadultních jedinců byla nejvýraznější sezóna 2012 s 789 jedinci a konfidenčním intervalem 335 jedinců. Na druhou stranu byl nejméně početným rokem 2017 s 81 jedinci a konfidenčním intervalem 42 jedinců. U juvenilních jedinců byl nejpočetnějším rokem rok 2015. Početně nejchudším v rámci juvenilních stádií byl rok 2017 s 85 jedinci a konfidenčním intervalem 71 jedinců.

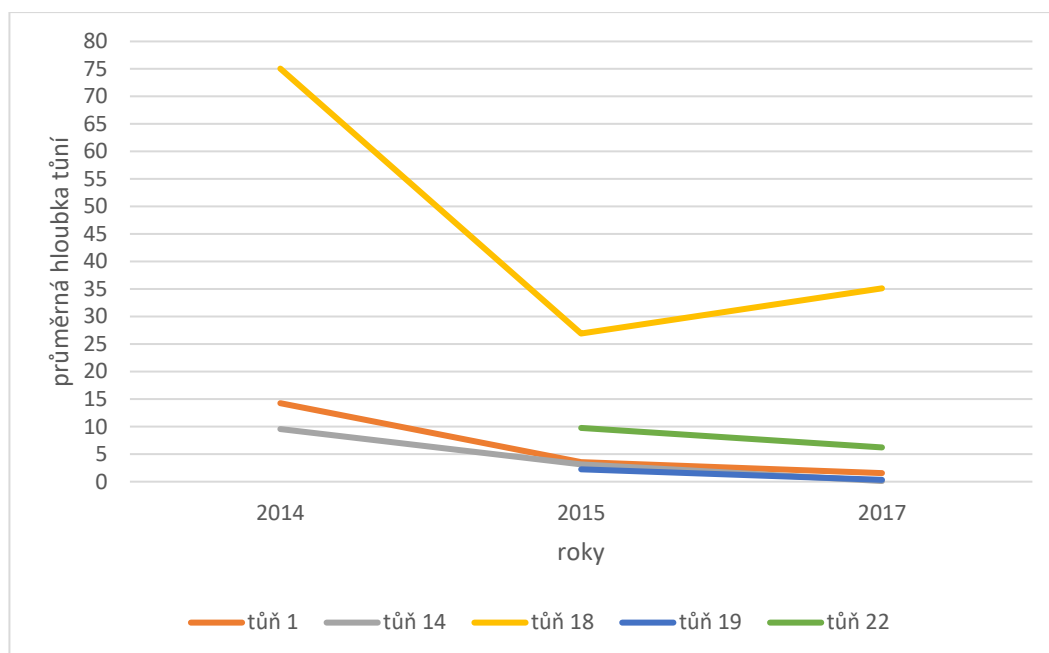
**Tab. 1:** Odhad početnosti jednotlivých věkových stádií v letech 2012, 2014, 2015 a 2017.

Rok	Adult			Subadult			Juvenil		
2012	452,9	±	252	789	±	334,9	517,3	±	161,9
2014	911,8	±	323	40,5	±	38,1	497,6	±	276
2015	601,4	±	155	31,4	±	30,1	591,6	±	161,2
2017	217,5	±	130	80,5	±	41,7	84,9	±	70,9

### 8.2 Vyhodnocení hloubky tůní

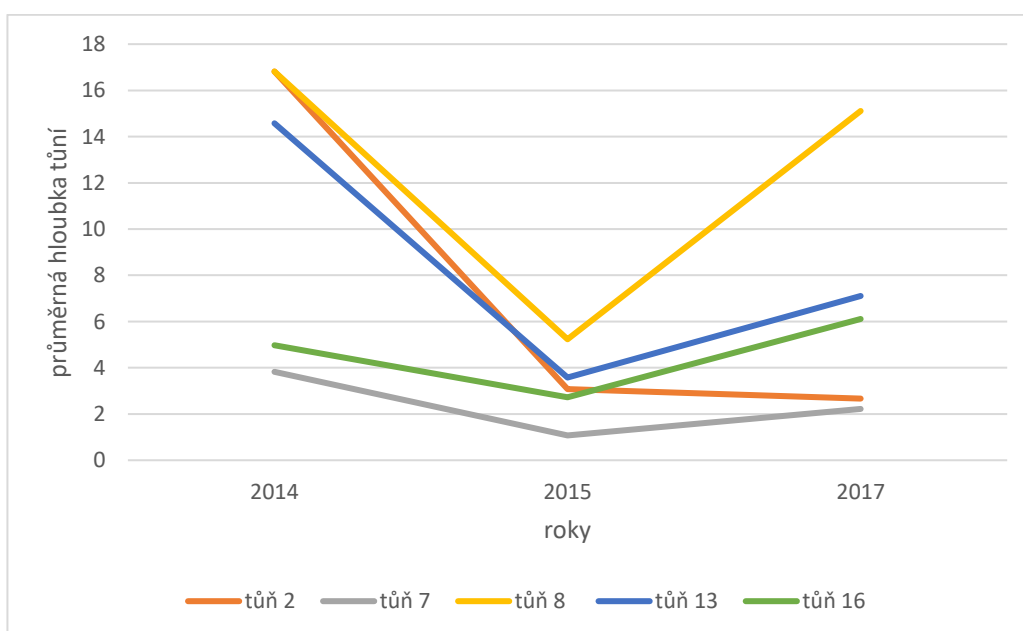
V rámci této části byl hodnocen parametr průměrné hloubky u vybraných projížděných a neprojížděných sledovaných tůní v rámci EVL Blovice.

U všech tůní 1, 14, 19 a 22 byl zaznamenán pokles průměrné hloubky. U tůně 1 byl tento pokles nejvýraznější, a to v rámci tří let z hodnoty kolem 15 cm na 2 cm. U tůní 19 a 14, které byly zkoumány po dvě sezóny, je patrný trend vedoucí k zániku těchto tůní, a tedy průměrné hloubce blížíící se 0 cm. Tůň 18 jako jediná vykazovala zvýšení průměrné hloubky od konání Blovického smyku v roce 2015 tento trend je připisován jejímu projetí i přes zákaz organizátorů.



**Obr. 5** Vývoj průměrné hloubky u experimentálně vybraných neprojížděných tůní při Blovickém smyku v rámci EVL Blovice v sezónách 2014, 2015 a 2017 se srážkovou korekcí.

Vybrané projížděné tůně vykazují rozdílný vývoj průměrné hloubky. U tůně 2 je patrný výrazný pokles od roku 2014 do poloviny roku 2015. Poté byl tento trend výrazně zpomalen. U tůní 7, 8, 13 a 16 byl pokles sledován podobně do poloviny roku 2015. V polovině roku 2015 však docházelo k signifikantnímu obrácení tohoto trendu.



**Obr. 6** Vývoj průměrné hloubky u experimentálně vybraných projížděných tůní při Blovickém smyku v rámci EVL Blovice v sezónách 2014, 2015 a 2017 se srážkovou korekcí.



### **8.3 Vyhodnocení vstupních dat softwaru Vortex**

Tato část obsahuje všechna data importovaná do softwaru Vortex rozčleněná dle jednotlivých kategorií tak, jak byla zadávána.

#### **8.3.1 Scenario settings**

V rámci scenario settings byl zadán název populace (*Bombina variegata* DP), počet opakování modelace (5), počet let (30), pro které modelaci vytváříme a počet dní v roce, pro které je simulace počítána (365). Počet populací byl zadán jako 1 s kritickou hodnotou definice zániku odhadnutou jako 1 (tedy zánik populace je definován tak, že celkový počet jedinců klesne pod 1).

#### **8.3.2 Species description**

Zde byla odhadnuta významnost environmentálních ekologických parametrů na 0,5, kdy environmentální proměnné (teplota, srážky, přítomnost dravců, přítomnost kořisti apod.) touto mírou ovlivňují reprodukci i přežití.

#### **8.3.3 Reproductive system**

V rámci dat reprodukčního systému byla zadána polygynní populace s pohlavní dospělostí obou pohlaví ve 2 letech (Barandun et al. 1997b). Dále byla zadána hodnota pro maximální věk jedinců, kteří se mohou rozmnožovat na 20 let (Dino et al. 2011) a maximální věk na 30 let (v zajetí až 36 (Baruš & Oliva 1992)). Maximální počet rozmnožování za rok byl zadán jako hodnota 1 (pouze 12 % samic se rozmnožuje 2x za sezónu (Barandun et al. 1997b)) a maximální počet mláďat při jediném rozmnožování na 300 (Maštěra 2017). Rozložení pohlaví při narození bylo nastaveno na 50 %.

#### **8.3.4 Reproductive rates**

V důsledku chybějících údajů bylo stanoveno, že reprodukce se může zúčastnit 100 % adultních samic v populaci. Dále bylo využito normálního rozdělení s průměrnou roční velikostí snůšky každé samice, 210 vajec se směrodatnou odchylkou 90 vajec.

#### **8.3.5 Mortality rates**

Mortalita byla nastavena u obou pohlaví totožně. V případě 0–1 byla zadána hodnota 95 % (viz tab. 2). Mezi jednoletými a dvouletými jedinci byla odhadnuta na 50 % a u adultních jedinců byla zadána mortalita 62 % (Barandun et al. 1997b).

**Tab. 2:** Výpočet mortality juvenilních jedinců.

	<b>Adult (2015)</b>	<b>Subadult (2015)</b>	<b>Juvenil (2014)</b>	<b>Mortalita (%)</b>
<b>Průměr za návštěvu</b>	39,5	1,7	34,8	
<b>Celkem</b>	648	28,3	570,9	<b>95,1</b>

### 8.3.6 Catastrophes

#### 8.3.6.1 Blovický smyk

V minulosti se jednalo o katastrofu s frekvencí 100%. Míra ovlivnění (přežívání adultů) byla stanovena na hodnotu 0,9 (tj. 90 %) na reprodukci a 0,95 na přežití dospělých jedinců (viz metodika a tab. 3). Hodnota reprodukce byla odhadnuta z počtu projížděných tůní v rámci Blovického smyku (15 tůní) a jejich narušení po skončení závodu (1,5 tůně) (viz tab. 4).

**Tab. 3:** Výpočet procentuální hodnoty ovlivnění přežití v rámci Blovického smyku založený na počtu nalezených usmrcených jedinců (2015) a odhadu počtu adultních jedinců na lokalitě (odhad počítán na základě odhadu početnosti Schnabelové (2015) a skutečně zjištěného počtu jedinců při jednotlivých návštěvách).

<b>2015</b>	<b>Adult</b>	<b>Zastoupení (%)</b>
<b>Usmrcených absolutně</b>	7	25
<b>Usmrcených celkem</b>	28	100
<b>Celkový odhad</b>	601	100
<b>Usmrcení z celku</b>	28	4,7
		<b>95,3</b>

**Tab. 4:** Výpočet hodnoty ovlivnění reprodukce v rámci Blovického smyku založený na počtu projížděných tůní a odhadu jejich poškození po skončení závodu v roce 2015.

	<b>Počet</b>	<b>Procenta</b>
<b>Projížděných tůní</b>	15	100
<b>Zničeno</b>	1,5	90

#### 8.3.6.3 Vyschnutí

Katastrofa vyschnutí byla definována na základě sledování sezón 2015 a 2017, a je tedy předpokladem pro následující sezóny. Jediná tůň, která po všech 18 návštěv v roce 2015 nevyschla byla tůň 18. Naopak nejčastěji byla bez vody tůň 17, a to při 13 návštěvách. Pravděpodobnost, že dojde k vyschnutí tůně, byla tedy vypočtena na 37 %.

**Tab. 5:** Výpočet frekvence výskytu sucha na lokalitě v roce 2015 vycházející z 18 návštěv každé tůně a určení, v kolika případech byla přítomna voda.

<b>Tůň</b>	<b>Neexistovala</b>	<b>Existovala</b>
1	7	11
2	5	13
3	8	10
4	8	10
5	11	7
6	5	13
7	12	6
8	5	13
9	10	8
10	5	13
11	8	10
12	4	14
13	6	12
14	7	11
15	5	13
16	4	14
17	13	5
18	0	18
19	6	12
20	5	13
21	7	11
22	5	13
<b>Součet návštěv</b>	146	250
<b>Celkem návštěv</b>	396	
<b>Výsledná frekvence (%)</b>	<b>36,9</b>	<b>63,1</b>

### **Ovlivnění reprodukce katastrofou vyschnutí**

Tabulka 6 znázorňuje, že u 13 tůní bylo možné dokončit vývoj po metamorfózu pouze jednou za sezónu v období od května do srpna. U tůně 18 byla tato možnost na základě počtu dvou měsíců nutných k vývoji až po metamorfózu (Barandun & Reyer 1997a) přepočtena na 3× za sezónu. U 8 tůní možnost naklazení a zdárného vývoje jedinců až po metamorfózu nebyla možná.

**Tab. 6:** Grafické znázornění existence tůní v roce 2015. Červeně označené pole zobrazuje trvání existence tůní po dobu dvou měsíců nezbytnou pro vývoj jedince od naklazení vajec až po metamorfózu.

datum	tůň 1	tůň 2	tůň 3	tůň 4	tůň 5	tůň 6	tůň 7	tůň 8	tůň 9	tůň 10	tůň 11	tůň 12	tůň 13	tůň 14	tůň 15	tůň 16	tůň 17	tůň 18	tůň 19	tůň 20	tůň 21	tůň 22
25.04.2015																						
30.04.2015																						
07.05.2015																						
12.05.2015																						
17.05.2015																						
24.05.2015																						
31.05.2015																						
12.06.2015																						
03.07.2015																						
09.07.2015																						
12.07.2015																						
16.07.2015																						
29.07.2015																						
15.08.2015																						
22.09.2015																						
01.10.2015																						
12.10.2015																						
19.10.2015																						

**Tab. 7:** Přepočtení potenciálního množství vajec vyvíjejících se v tůních založený na odhadu počtu samic na lokalitě (odhad počítán na základě odhadu početnosti Schnabelové (2015) a skutečně zjištěného počtu jedinců při jednotlivých návštěvách).

<b>Celkem jedinců</b>	601
<b>Samic</b>	169
<b>Vajíček</b>	35490
<b>Vajíček na tůň</b>	1613,9
<b>Vajíček na tůň a měsíc</b>	322,6

Výsledný vliv sucha na reprodukci byl vypočten na hodnotu frekvence 37 %, reprodukce 0,14 (viz tabulka 8) a na přežití adultních jedinců neměla vliv (tedy hodnota 1).

**Tab. 8:** Procentuální vliv sucha na reprodukci založený na procentuálním zastoupení snůšek v existujících tůních v roce 2015.

Rok 2015	(ks)	Zastoupení na lokalitě (%)
<b>Možných vajíček</b>	35490	100
<b>Reálně vajíček</b>	5162,2	13,1
<b>Vliv sucha na reprodukci</b>		<b>0,9</b>

### 8.3.6.2 Zazemnění

V důsledku absence Blovického smyku byla definována nová katastrofa zazemnění, jejíž ovlivnění celkové populace bylo kalkulováno na základě lineární regrese z výsledků v kapitole 8.2 se srážkovou korekcí. U všech tůní v tabulce 9 je patrný klesající trend. Meziroční trend je výraznější u tůní, jejichž průměrná hloubka první sezóny sledování přesáhla 10 cm. Hodnoty z jednotlivých sezón byly využity pro výpočet dvou lineárních regresí (do 10 cm, nad 10 cm) v rámci softwaru NCSS 9.

**Tab. 9:** Výpočet meziročních průměrných hodnot zazemnění u neprojžděných tůní v rámci Blovického smyku rozdělených do kategorií nad a do 10 cm (viz metodika).

	Tůň	2014	2015	2017	Průměrně za rok
do 10 cm	14	9,6	3,3	0,1	4,7
	19		2,3	0,3	2
	21		2,5	0	2,5
	20		3,5	3	0,5
	22		9,8	6,2	3,5
nad 10 cm	1	14,3	3,5	1,6	6,4
	18	74,7	26,9	35,1	19,8

Nejprve dochází k zániku tůně 15 v roce 2019. Tůně 18, 16, 9 a 5 zaniknou v roce 2021. V roce 2022 dojde k zániku tůně 23, 20, 11, 7 a 8. K zániku zbývajících sledovaných tůní vlivem zazemňování dojde v roce 2023.

**Tab. 10:** Grafické znázornění pravděpodobného zániku jednotlivých tůní v následujících letech bez vlivu Blovického smyku, či jiné výrazné disturbance, založené na dvou lineárních regresích vytvořených v programu NCSS 9.

Tůň	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							

Z tabulky 11 je patrná hodnota pro ovlivnění přežití na 0,75 a reprodukce na 0,78.

**Tab. 11:** Výpočet ovlivnění zazenňování tůní na přežití a reprodukci v rámci EVL Blovice vycházející z průměrného počtu zaniklých tůních za rok a potenciačního počtu jedinců, kteří se v těchto tůních mohou vyvinout.

Přežití (%)	Reprodukce (%)
5,7	8817,4
24,8	22,3
<b>75,2</b>	<b>77,7</b>

### 8.3.7 Mate monopolization

Zde byla na základě konzultace zadána hodnota 0,5 (Mgr. D. Fišer ústní sdělení), jelikož například u samců, kteří vykazovali teritorialitu (vytváření kruhů ve vodě), byla v minulosti popsána vyšší úspěšnost k rozmnožování (Seidel 1999).

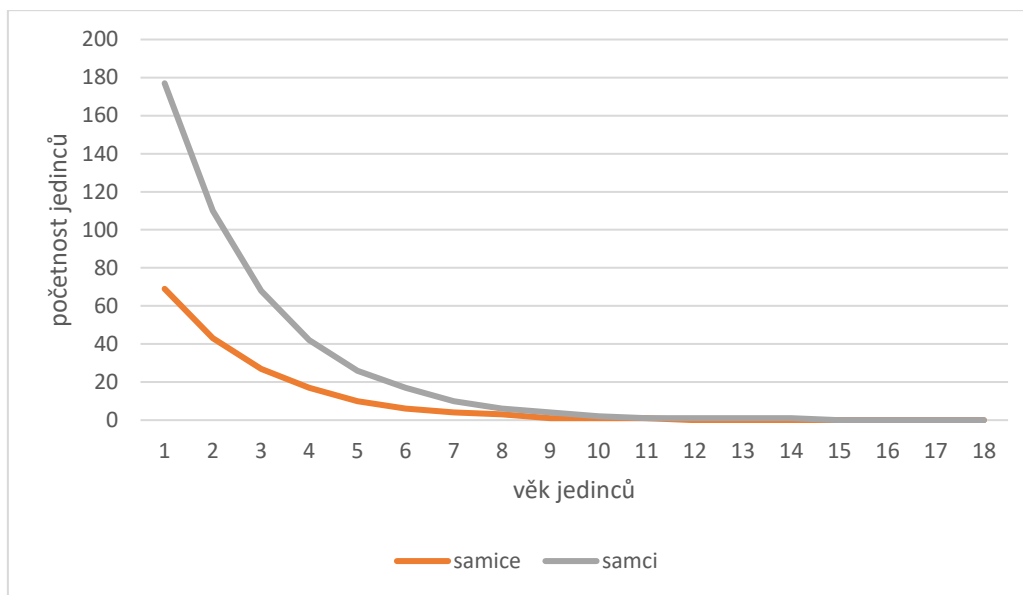
### 8.3.8 Initial population size

Z celkového odhadu početnosti juvenilů (věk 1) bylo vypočteno shodně pro obě pohlaví 296 jedinců. Pro případ subadultních jedinců byl odhad početnosti 29 jedinců, kteří byli dle poměru zpětně odchycených jedinců z roku 2015 rozdělení na 8 samic a 21 samců. Stejným způsobem docházelo k rozdělení 648 (odhad Schnabelové (2015)) jedinců dle předpokladu meziročního přežití 62 % jedinců. Dle této modelace bylo v populaci přítomných pouhých 6 samic a 16 samců starších 10 let včetně.

**Tab. 12:** Věkové rozvrstvení populace na lokalitě dle věku a pohlaví.

Věk	Samice	Samci
1	296	296
2	8	21
3	69	177
4	43	110
5	27	68
6	17	42
7	10	26
8	6	17
9	4	10
10	3	6
11	1	4
12	1	2
13	1	1
14	0	1
15	0	1
16	0	1
17	0	0

Obrázek 7 zobrazující klesající početnost adultních jedinců na lokalitě. Vzhledem k vlastnostem výpočtu je logické postupné klesání bez extrémních hodnot.



**Obr. 7** Grafické znázornění věkového rozvrstvení adultních jedinců v rámci sezóny 2015.

### 8.3.9 Carrying capacity (K)

Hodnota byla vypočtena na 1235 adultních jedinců se směrodatnou odchylkou 316. Výsledná únosnost vychází z roku 2014, který se jeví jako ideální. Pro případ katastrofy zazemnění byla definována změna v (K) po 6 letech s procentuální hodnotou -15 %.

**Tab. 13:** Výpočet odhadu únosnosti prostředí pro jednotlivé roky (adultní jedinci). Kalkulace K zohledňuje statistickou chybu a je vypočtena na základě průměru početnosti a 95 % intervalu spolehlivosti.

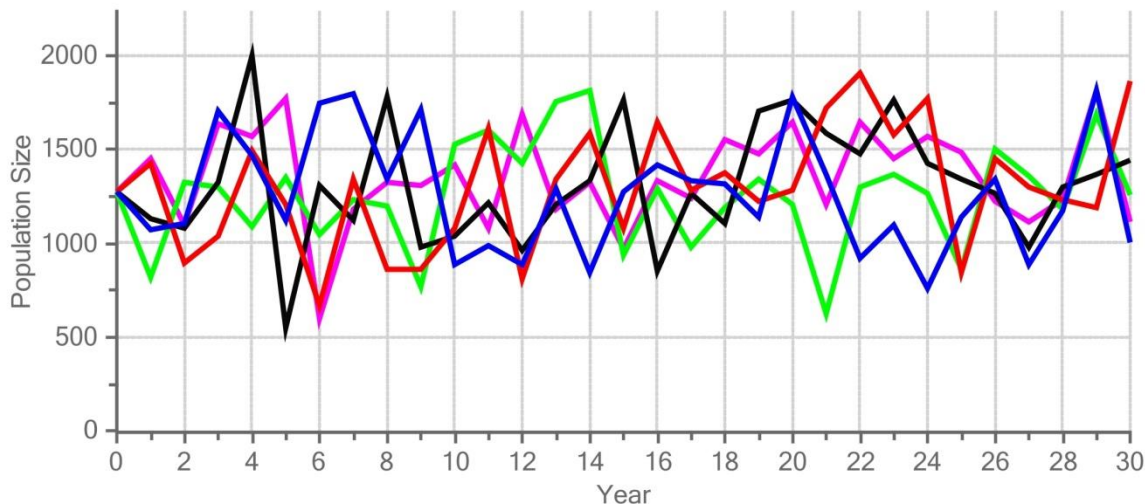
Rok	K
2012	704,4
2014	1235,1
2015	756,6
2017	347,1
Směrodatná odchylka	316

### 8.4 Modelace Vortex

V této části dojde k nastínění čtyř různých modelací, které hypoteticky mohou v rámci EVL Blovice nastat prostřednictvím výstupů programu Vortex.

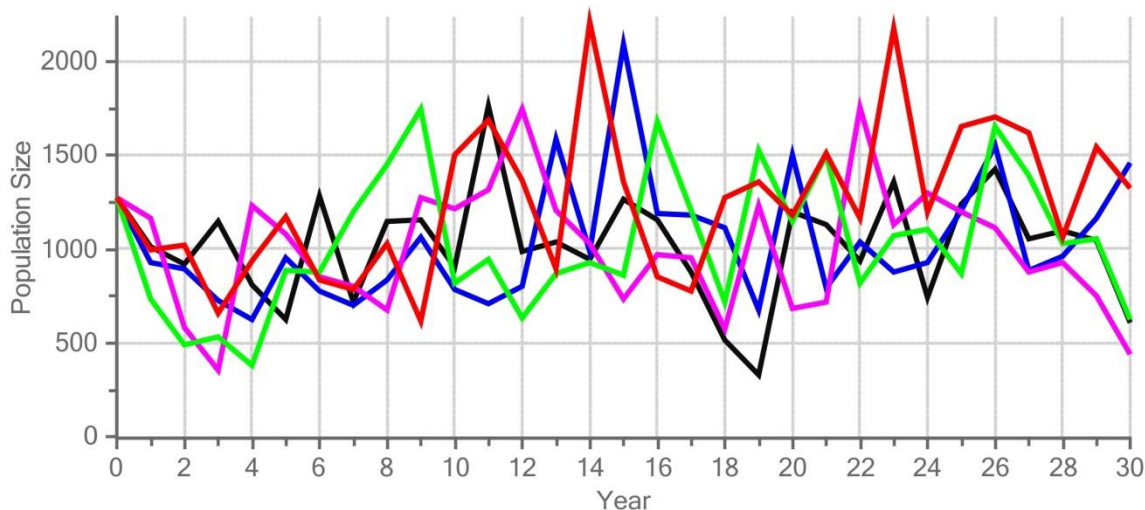
Modelace využívající jako katastrofu pouze Blovický smyk vykazuje ve svém průběhu množství populačních výkyvů. Extrémní hodnoty jsou patrné u černé křivky. Maximum je modelováno ve čtvrtém roce s hodnotou přesahující 2000 jedinců a minimum v roce pátém

s přibližnou hodnotou 500 jedinců. Lze však konstatovat, že celkový průběh populace kolísá v rozmezí 600 až 1500 jedinců po celou dobu modelace.



**Obr. 8:** Modelace 1: Situace kalkující v rámci katastrof pouze s Blovickým smykem.

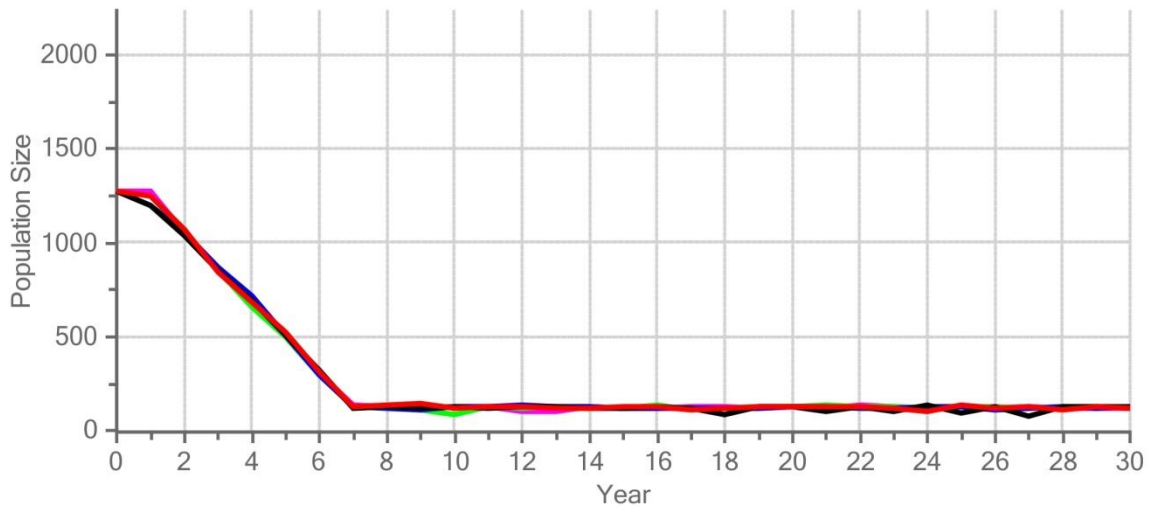
V rámci druhé potencionální situaci je k Blovickému smyku přidána i katastrofa sucha, která v posledních 3 letech nabývá na významu. V horizontu 30 let se projevuje výrazným poklesem populace ve třech případech (růžová, zelená a černá křivka). Pro černou (19 let) zelenou (4 roky) a růžovou křivku (3 roky) klesá hodnota populace na přibližně 425 jedinců. Na druhé straně v případě červené (14 a 23 let) a modré křivky (15 let) dochází v průběhu modelace k nárůstu populace převyšující 2 000 jedinců. Tyto extrémy jsou však pouze ojedinělou záležitostí. U výsledných hodnot početnosti populace v 30letém intervalu ve třech případech (růžová, černá a zelená křivka) dochází k výraznému poklesu kolem 500 jedinců, u červené křivky je patrné zachování výchozí početnosti populace. U modré křivky jako jediné došlo k nárůstu oproti výchozí hodnotě. Tento nárůst je však minimální, a lze konstatovat, že při nastínění katastrofy sucha se výsledný průběh početnosti populace nemění.



**Obr. 9:** Modelace 2: Situace kalkující v rámci katastrof s Blovickým smykem a suchem.

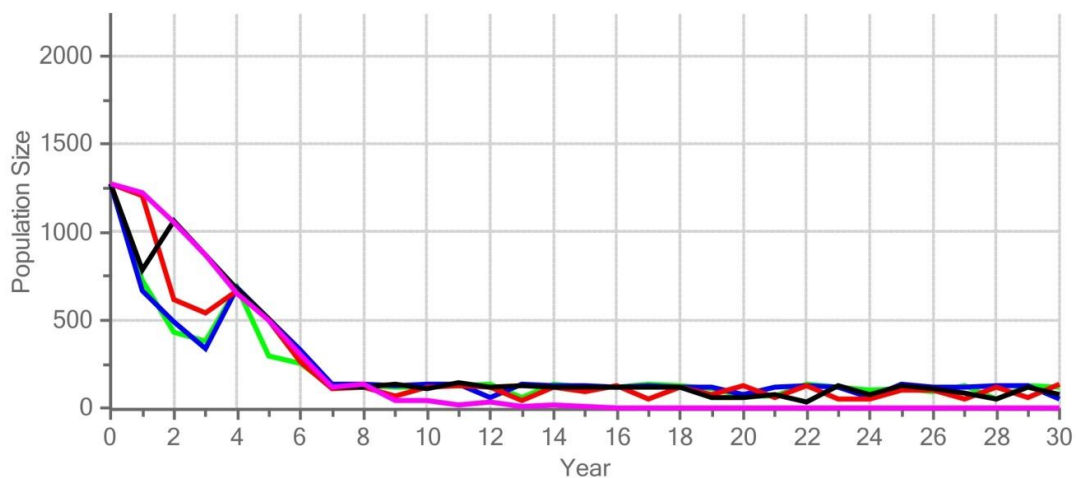


Třetí situace kalkuluje pouze s katastrofou zazemnění. Ve všech pěti případech je velmi podobná. Vlivem zazemnění tůň dochází v rámci následujících sedmi let k výraznému a postupnému poklesu populace, která se s minimálními rozdíly v početnosti ustálila na přibližných 125 jedincích. Následný vývoj po dobu 23 let zůstává s minimálními výkyvy na této hodnotě.



**Obr. 10:** Modelace 3. Situace kalkující v rámci katastrof se zazemněním.

Poslední situace zobrazuje vývoj početnosti populace v případě katastrofy zazemnění a suchých sezón. V následujících sedmi letech je patrný výrazný pokles populace. Na rozdíl od předešlé situace však neprobíhá ve čtyřech případech postupně, ale skokově (výrazný pokles následovaný mírným nárůstem populace). V následujících 23 letech dochází ve čtyřech případech k mírným poklesům, které jsou následované opětovným nárůstem populace k výchozí hodnotě přibližně 125 jedinců. V případě růžové křivky dochází v 8. roku modelace k poklesu, který je ukončen ve 13. roku zánikem populace. Pravděpodobnost extinkce je v tomto případě 20 %.



**Obr. 11:** Modelace 4: Situace kalkující v rámci katastrof se zazemněním a suchem.

## 9. Diskuze

Evropsky významná lokalita v Blovicích byla z důvodu sledování ekologických poměrů a jejich vlivu na místní populaci kuňky žlutobřiché sledována pod dohledem RNDr. Pavla Vlacha, Ph.D. od roku 2012. V rámci výzkumu z roku 2012 byla nastíněna skutečnost, že kuňky na této lokalitě spíše preferují zastíněné lokality (Vlach et al. 2013), což je v rozporu s obecnou preferencí spíše osluněných tůní (Frick 2002, Hartel et al. 2007). Z analýz let 2014 a 2016 vyplývá, že parametr zastínění společně se zastoupením vodní vegetace byl vyhodnocen jako nevýznamný (Dáňa 2016). Autoři však uvádějí velkou schopnost přizpůsobení se různým faktorům (Denoël 2004) a záleží především na jejich vzájemné kombinaci (Vlach et al. 2013).

Kuňka žlutobřichá je ve svém vztahu k prostředí považována za velice adaptibilní druh obývající různé typy, především periodicky vysychajících vodních biotopů (Denoël 2004). Výzkum z Rumunska označuje kuňku jako akvatický druh a popisuje její citlivost na klimatické změny a následnou ztrátu dočasných tůní. Jako nejvýznamnější parametr tůní popisuje tzv. hydroperiodu definovanou jako počet dní v roce, kdy byla v tůních přítomna voda (Hartel et al. 2011). Parametr ročních srážek se v této práci odráží ve výpočtu zániku tůní a vstupních hodnot katastrofy zazemnění programu Vortex. Shodně určuje (Barandun & Reyer 1997b) klimatické podmínky jako nejvýznamnější faktor (oproti specifickým vlastnostem jednotlivých tůní) udávající vývoj populace.

V rámci životního cyklu se klimatické poměry (existence tůní) především odráží v úspěšnosti reprodukce. U kuňky žlutobřiché je známa jistá preference tůní menšího charakteru především z důvodu nižší predace juvenilních stádií. Tuto preferenci potvrzuje například výzkum z Rakouska, kde bylo pouhých 8 % těchto jedinců nalezeno v rybnících, kde je větší předpoklad výskytu predátorů, především dravých ryb (Primus 2013). Zajímavá je také preference v rámci periodicky vysychajících tůní. V rámci výzkumu poblíž Zurichu bylo uvedeno, že u 65 % sledovaných tůní vůbec nedocházelo ke kladení vajec. Dospělí jedinci preferovali spíše tůně se střední délkou existence s mírnou hustotou dravců a larev ostatních druhů žab, než tůně s kratší životností bez dravců (Barandun & Reyer 1997b). Tyto preference však nebyly v rámci lokality v Blovicích zatím zkoumány a jsou tedy podkladem pro následující výzkumy na této lokalitě. V rámci výpočtů vstupních dat programu Vortex bylo počítáno s předpokladem totožného rozdělení snůšek pro všechny tůně.

Odhad početnosti jedinců v rámci lokality vycházel z odhadu adultních jedinců Schnabelové (2015) (Dáňa 2016) ku skutečnému počtu viděných jedinců. Vypočtenou hodnotu odhadu pro rok (2012) 453 jedinců však nelze porovnávat s absolutní hodnotou 183

jedinců v roce 2012 (Vlach et al. 2013), jelikož v tomto roce byla lokalita navštívena pouze 5×, ani s absolutní hodnotou adultních jedinců 332 (2014), 711 (2015) a 152 (2017) z důvodu pravděpodobného nenalezení všech jedinců, či opakovaných nálezů. Především opakované nálezy jsou z důvodu potvrzené věrnosti dospělých jedinců tůním pravděpodobné (Dáňa 2016). Například v dolním Rakousku byla tato věrnost sledována u 60 % jedinců (Primus 2013).

Meziroční mortalita juvenilních jedinců byla vypočtena jako velmi vysoká, 95 %. Tato hodnota byla pravděpodobně způsobena značnou migrační aktivitou subadultních jedinců na velké vzdálenosti pravděpodobně z důvodu získávání znalostí o krajině a distribuci zdrojů v něm (Hartel 2008), což mohlo způsobit, že nebyli příliš často ve sledovaných tůních nalezeni, anebo jejich skutečnou mortalitou. Výrazný vliv na nenalezení subadultních jedinců mohl být způsoben i výskytem suchých sezón.

Vstupní hodnoty katastrofy s názvem „Blovický smyk“ vycházely z ideálního předpokladu jeho opakování každý rok, jak tomu bylo do roku 2016 ([www.blovickysmyk.kvalitne.cz/](http://www.blovickysmyk.kvalitne.cz/)). Mortalita adultních jedinců v rámci této formy managementu byla obecně velmi nízká (Dáňa, Vlach vlastní sledování) a z hlediska celkové přínosnosti charakteru lokality je považována za bezvýznamnou.

Předpoklad postupného zazemnění všech sledovaných tůní do roku 2023 potvrzuje odhad, že tůně bez konání Blovického smyku zaniknou do pěti let (Mgr. D. Fišer ústní sdělení).

Věkové a pohlavní rozvrstvení populace je uváděno jako velmi významné především z hlediska historického vývoje lokality a budoucí reprodukce, kterou popisuje například (Schaffer 1974). Z důvodu problematického určení věku u adultních jedinců bylo využito předpokladu, že vždy přežije 62 % dospělých jedinců, což bylo publikováno v práci (Barandun et al. 1997b). Z tohoto výpočtu byl však na lokalitě nejstarším jedincem samec ve věku 16 let, což je velmi rozdílné s výzkumem v Polsku. Zde byla sledována u velké části podobně velké populace (608 jedinců) hranice, které se většina jedinců dožila vyšší než 10 let a byla zde popisována pravděpodobnost i 20 letých jedinců (Plytycz & Bigaj 1993). Nízké početnosti subadultních jedinců v letech 2015 a 2017 jsou přisuzovány vyšší migrační aktivitě těchto jedinců (Hartel 2008), výskytu sucha v těchto sezónách, či jejich mortalitě. Migrační aktivita u subadultních jedinců nebyla v rámci EVL Blovice zkoumána. Migrace byla sledována pouze u adultních jedinců v roce 2015 pomocí značících metod VIE a pattern maps (Dáňa 2016).

Hodnota únosnosti prostředí je definována jako množství jedinců, které dokáže zkoumaná lokalita z hlediska zdrojů a prostoru uživit. Nejedná se tedy o statickou hodnotu a její určení je velmi problematické z důvodu složitosti a proměnlivosti vztahů v přírodě (Arrow et al. 1995). Je tedy zcela jasné, že odhad velikosti populace a jeho využití pro výpočet únosnosti prostředí je závislý na datech dlouhodobého sledování populace, což potvrzuje (Tanadini & Schmidt 2011).

Velmi diskutovanou situací ve vědeckých kruzích je i globální změna klimatu vedoucí k nedostatkům vody v krajině (Pahl-Wostl 2007). Nedostatek vody v rámci lokality je obsažen v katastrofě sucha, jehož frekvence výskytu byla vypočtena na 37 %. Tato hodnota je silně ovlivněna výpočtem z dat během suché periody roku 2015, kdy průměrné roční srážky v Plzeňském kraji dosahovali 499 mm ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)), což vykazuje výrazný podprůměr proti dlouhodobým průměrným srážkám celé České republiky v letech 1964–2012, který dosahoval 675 mm (Matějka 2013). Problematika změny klimatu se především odráží na zvyšování výparu a vyšší teplotě vody v tůních, která je důležitým faktorem vývoje snůšek a pulců (Baruš & Oliva 1992). V závislosti na budoucím předpokladu globálních změn určuje (Dittrich et al. 2016) lesní periodické tůně jako vhodnější prostředí pro rozmnožování kuňky žlutobřiché především z důvodu teploty vody v tůních v otevřeném terénu. V rámci EVL Blovice lze nalézt oba dva typy těchto tůní, jak zastíněné okolní vegetací, tak osluněné, a lze tedy předpokládat celkový nárůst preference zastíněných tůní (Vlach et al. 2013). V případě sucha nebyl předpokládán vliv na početnost adultních jedinců, jelikož v tomto případě se kuňky ukrývají v podrostu či ve větších vodních plochách prezentovaných v rámci lokality dvěma zatopenými těžebními jámami (Dáňa vlastní pozorování).

Z hlediska zachování stávající populace v EVL Blovice se dle modelací programu Vortex jeví jako stěžejní obnovení disturbance charakteru Blovického smyku, který zde byl každoročně konán. Populace dle modelace Vortex vykazuje udržitelnost stávajícího stavu i v případě sušších období odpovídající minulým sezónám. Nutnost disturbance v rámci cvičiště vojenské techniky je popisována například ze Švýcarského Zurichu (Barandun & Reyer 1998). Tuto metodu managementu na lokalitě lze považovat i za nepřímou péči o zdejší vegetaci, která bez pravidelné údržby podléhá přirozenému procesu sukcese (Canessa et al. 2013), který v našich podmínkách dosahuje výsledného stádia smíšeného lesa (sylvaea). Tento proces zahrnuje nastíněná situace kalkulující s katastrofou zazemnění, jejíž důsledek je postupný zánik sledovaných vodních ploch, na jejichž existenci je populace kuňky žlutobřiché závislá (Hartel et al. 2011). Klesající tendence průměrné hloubky neprojžděných tůní pouze

potvrzuje alarmující stav zániku tůní na lokalitě bez konání Blovického smyku. U tůní projížděných je ve většině případů patrné signifikantní změna tohoto trendu po konání Blovického smyku.

Pro čtvrtou modelaci programu Vortex v katastrofální kombinaci zazemnění s obdobím sucha, který je v případě zachování aktuálního managementu na lokalitě nejpravděpodobnějším scénářem dochází u jedné z křivek k zániku zdejší populace. Potenciální možností je v tomto případě rekolonizace lokality z jiné populace pro případ nastolení vhodných podmínek, kterou uvádí (Barandun & Reyer 1998). Přirozenou cestou je však tato možnost pro případ EVL v Blovicích spíše hypotetická. V neoptimističtějších případech čtvrté namodelované situace v programu Vortex dochází k výraznému poklesu počtu jedinců. Podobná situace založená na ponechání lokality přirozenému vývoji bez pravidelné údržby a její vliv na početnost populace je popisována z Itálie, kde v rozmezí let 2005–2009 došlo k poklesu populace o 50 % (Canessa et al. 2013).

Další možností managementu na lokalitách mimo pravidelné disturbance je tvorba umělých dočasných tůní, kterou například (Hartel et al. 2011) popisuje jako vhodnou metodu. V rámci Blovické lokality docházelo v minulosti k jednorázové tvorbě těchto umělých tůní (tůň 1, 18 a 22) bez následného programu jejich zachování. Tyto tůně tedy vykazují postupné zazemňování a potvrzují předpoklad katastrofy zazemnění i tvrzení, že pro zachování charakteru lokalit je nezbytná jejich celková údržba vlastníky pozemků a pouhá realizace umělých vodních ploch je pouze krátkodobým řešením (Canessa et al. 2013).

## Shrnutí

Tato práce modeluje aktuální situaci v rámci EVL Blovice ve vztahu k místní populaci kuňky žlutobřiché, kde aktuálně není prováděn žádný typ managementu. Z jednotlivých modelací programu Vortex vyplývá, že bez konání Blovického smyku (či jiné disturbance tohoto charakteru) dojde v následujících pěti letech k zániku převážné většiny periodických tůní, jejichž existence je nutná k udržení zdejší populace. Situaci udržení stávající populace popisují modelace kalkující s katastrofou Blovického smyku i Blovického smyku a sucha, kdy ve zkoumaném období dochází k populačním výkyvům, ale k udržitelnému stavu místní populace. Alarmující situaci nastiňuje modelace postupného zazemňování tůní s kombinací srážkově chudých sezón vypočtená v rámci lineární regrese NCSS 9, která u 23 zkoumaných tůní vykazuje zánik pouhých 5 tůní do roku 2021, ale všech těchto tůní do roku 2023. Takto nastíněná situace může vést až k zániku této významné západočeské lokality výskytu kuňky žlutobřiché, což potvrzuje modelace u 20 % iterací. Při modelaci kalkující pouze se zazemněním nedochází k extinkci, ale u 100 % iterací dojde ke snížení populace a jejímu ustálení se kolem pouhých 125 jedinců. V rámci managementu je dále doporučeno vypracování plánu pravidelné péče o zdejší vegetaci (emerzní i submerzní), aby byl přinejmenším zpomalen přirozený proces sukcese a následný zánik zdejších umělých i přirozených tůní. U všech umělých tůní zkoumaných v rámci této práce bylo prokázáno postupné zazemňování a jejich realizace bez následné péče je považována za dočasnou záležitost z hlediska zachování populace.

V rámci samotného modelování bylo zjednodušeno množství proměnných, jakým bylo například skutečné věkové rozvrstvení populace, či skutečná distribuce snůšek v jednotlivých tůních, které by mohli blíže přiblížit osud této lokality a jsou tedy předmětem pro další výzkumy na této lokalitě.

## **DIDAKTICKÁ ČÁST**

## Úvod

Zaměření této diplomové práce vysoce převyšuje všeobecný obsah učebních osnov biologie na základních a středních školách. Na základě informací obsažených v této diplomové práci byl tedy vytvořen pracovní text pro žáky, jehož posláním je zvýšení znalostí o této skupině a zasvěcení do problematiky ochrany právě u těchto živočichů. K textu je dále vytvořen pracovní list pro případ skupinové či samostatné práce během výuky. Na základě těchto dokumentů byla vytvořena vzorová příprava jedné vyučovací jednotky (45 min).

Samotný text včetně pracovního listu byl již testován ve výuce v rámci souvislé pedagogické praxe u žáků 7. tříd na základní škole Vejprnice. Text byl dle zpětné vazby žáků poněkud složitější, ale příjemnou změnou oproti stále převládající frontální výuce.

## 10. Písemná příprava vyučovací jednotky

<b>PÍSEMNÁ PŘÍPRAVA</b>	
<b>Předmět:</b> přírodopis	<b>Třída:</b> 7.A
<b>Hodina:</b>	
<b>Datum:</b> 9. 10. 2017	
<b>Téma:</b> Obojživelníci	
<b>Výukové cíle:</b> Žák vyjmenuje základní zástupce žijící v ČR. Žák vlastními slovy popíše evoluční význam obojživelníků. Žák na základě vlastních znalostí definuje význam obojživelníků pro člověka.	
<b>Klíčové kompetence:</b> kompetence k řešení problémů, kompetence komunikativní a interpersonální, kompetence k učení	
<b>Analýza prekonceptů:</b> Kteří živočichové patří mezi obojživelníky? Proč se učit o obojživelnících?	
<b>Strukturovaný obsah učiva:</b> seznámení s tématem (prekonceptové otázky), samostatná práce s neznámým textem	
<b>Základní termíny:</b> obojživelník, prvohory, kloaka, columella	
<b>Vyučovací metody, organizační formy výuky, práce s učebnicí či pracovními listy:</b> diskuze, práce s neznámým textem a pracovním listem	
<b>Průřezová témata:</b> Environmentální výchova – ochrana obojživelníků v ČR	
<b>Mezipředmětové vztahy, možnosti integrace učiva:</b> Chemie – toxiny žab	
<b>Motivační momenty výuky:</b> úvodní část hodiny	
<b>Výchovné aspekty výuky:</b> způsoby a důvody ochrany obojživelníků	



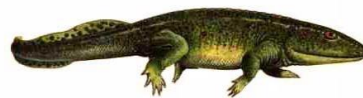
<b>Scénář zkoušení:</b> neprobíhá			
<b>Materiální didaktické prostředky – pomůcky, didaktická technika, ICT:</b> dataprojektor, pracovní list, neznámý text			
<b>Forma zápisu na tabuli, PowerPointové prezentace:</b> pracovní list			
<b>Úkoly k samostatnému řešení:</b> vypracování pracovního listu na základě textu			
<b>Otázky k závěrečnému opakování:</b>			
<b>Možné kritické body výuky:</b> problematické pojmy v neznámém textu			
<b>Celkový scénář hodiny</b>			
1) Představení tématu a motivační část – pokládání prekonceptových otázek.			
2) Zadání samostatné práce s neznámým textem.			
<b>as</b>	<b>činnost žáka</b>	<b>činnost učitele</b>	<b>poznámky</b>
<b>0 min</b>	Seznamuje se s tématem, odpovídá na prekonceptové otázky.	Seznamuje žáky s tématem. Pokládá prekonceptové otázky.	
<b>0 min</b>	Pracuje ve dvojicích s neznámým textem a doplňuje pracovní list.	Je k dispozici jednotlivým žákům s problematickými pasážemi textu / pracovního listu.	
<b>min</b>	Shrnutí nových informací formou diskuze	Shrnutí nových informací z hodiny formou diskuze	
<b>Reflexe výuky:</b> Velmi pozitivní ohlas na práci s neznámým textem. Při psaní textu všechny neznámé pojmy vysvětlit do závorek.			

## 11. Pracovní text

### Obojživelníci (*Amphibia*)

#### Historie a vznik obojživelníků

Obojživelníci (latinsky *Amphibia*) jsou nejjednodušší suchozemští obratlovci. Již ze samotného názvu skupiny obojživelníci je patrný způsob jejich života, a tedy i historický vývoj této skupiny.



*Acanthostega*

První předchůdci dnešních obojživelníků se na naší planetě objevili v prvohorách konkrétně v období devonu. Devon je datován přibližně před 400–350 miliony let. Mezi první obojživelníky patřila *Acanthostega* a *Ichthyostega*. Tito zástupci dosahovali robustních rozměrů kolem pěti metrů a většinu svého života trávili ve vodním prostředí. Byli však schopni pohybovat se, a především nějakou omezenou dobu přežít i mimo toto vodní prostředí. Z této schopnosti vznikl právě samotný název obojživelníci. Je však důležité si uvědomit, že aktuálně žijící (tzv. recentní) obojživelníci ke svému životu potřebují obě prostředí (souš i vodní prostředí), což z nich dělá jednu z nejhroženějších skupin živočichů na naší planetě. O rozsahu ohrožení a způsobu obrany se však dočteme později. Již jsme se dozvěděli vědecký název pro aktuálně žijící obojživelníky (recentní), ale co právě zmiňovaná *Acanthostega* a *Ichthyostega*? Vždyť již vymřeli? I pro ně má věda své speciální označení a to tzv. fosilní *Amphibia* (fosilní obojživelníci).



*latimérie podivná*

Ale stále není jasné, kde se vzala ve vodě *Acanthostega*. Z čeho tedy vznikla? První obojživelníci pravděpodobně vznikli postupnou evolucí z lalokoploutvých ryb. Proč by se ale nějaká „ryba“ chtěla dostat na souš? Odpověď je naprosto jednoduchá. Pokud jsem ryba v přeplněném prvohorním vodním prostředí, kde mám málo potravy, hrozí mi bezprostřední nebezpečí od predátorů a v neposlední řadě vyschnutí mého obydlí, mám pouze jednu možnost. Pokusit se přežít na souši. Na souši je totiž velké množství hmyzu (potrava) a žádní predátoři, co by mě ohrozili. A když mi vyschne mé vodní obydlí? Mohu se krásně přesunovat do jiných.

Důkazem pravděpodobného vzniku obojživelníků z ryb je množství podobných (primitivních znaků), které odkazují i dnešní obojživelníky k závislosti na sladkovodní

prostředí. Mezi hlavní znaky patří vajíčka kladená do vody, jelikož z důvodu absence ochranných obalů (např. skořápka u vajec ptáků) by na souši vyschla. Již dle tvaru a způsobu kladení snůšek poznáme jaký druh obojživelníka tu, či onu snůšku (soubor vajíček) nakladl. Příkladem může být ropucha obecná (*Bufo bufo*), která klade snůšky volně do vodního prostředí v řetězcích. Dalším příkladem je jedna z nejjedovatějších žab v ČR kuňka žlutobřichá (*Bombina variegata*), která klade vajíčka po jednom a přilepuje je ze spodu na vodní rostliny. Dalším primitivním znakem je larvální vývoj. Larvální stádium u obojživelníků nazýváme pulec. Opět lze především dle velikosti a celkového vzhledu pulce rozpoznat, od jakého obojživelníka onen pulec je. Třetím primitivním znakem je přítomnost proudového orgánu u pulců, který je svou funkcí podobný postranní čáře ryb. Někteří by namítali, že neschopnost udržet stálou tělesnou teplotu (studenokrevnost) a tedy závislost na okolní teplotě je také primitivní znak. S tímto tvrzením lze částečně souhlasit i nesouhlasit. Z pohledu člověka (savce) se skutečně o primitivní znak jedná, ale kromě obojživelníků není ještě schopna udržet stálou tělesnou teplotu významná skupina vyvinutějších obratlovců-plazi.

Novinek umožňujících život na souši (tzv. evolučních novinek) je hned několik. Nejvýraznější je přítomnost dvou párů končetin s prsty. Na předních končetinách se zpravidla vyskytují čtyři prsty. Na zadních nalezneme prstů pět. Rychlý pohyb ve vodě obojživelníků umožňují plovací blány natažené mezi prsty. Tělo obojživelníků je pokryté kůží, která se řadí také mezi významné evoluční novinky. Kůže obojživelníků je lysá, bez šupin, chlupů nebo jiných kožních útvarů.



ochranný reflex kůžky žlutobřiché

Pokožka obojživelníků obsahuje velké množství slizových žláz. Sliz udržuje pokožku stále vlhkou a zabraňuje tak vyschnutí živočicha. Nejméně známou (avšak neméně důležitou) evoluční novinkou je přítomnost středního ucha s jednou ušní kůstkou tzv. *collumella*.

### Aktuální výskyt obojživelníků a jejich ochrana

Jak jsme se již dozvěděli, po celý život jsou obojživelníci odkázáni na sladkovodní prostředí. Ve vodě se rozmnožují a ve vodě probíhá larvální období jejich individuálního vývoje. Obojživelníci nikdy nežijí v mořském prostředí! Absolutní výjimkou může být ojedinělý výskyt ve vodách brakických. Aktuální vědecké systémy dělí recentní obojživelníky do dvou vyšších skupin: ocasatí (*caudata*) sem patří mloci a čolci a bezocasé se žábami (*anura*) a červori (*gymnophiona*). Tyto tři skupiny v současné době čítají na Zemi asi 5 700 druhů obojživelníků. Statistiky ale bohužel uvádějí, že **50 %** z celkového počtu

obojživelníků, tj. asi 6 000 popsaných druhů, je ohroženo vyhynutím, 33 % známých druhů je ohroženo, o dalších 23 % nemáme dostatek údajů, předpokládáme ale, že jsou ohroženi, což činí dalších zhruba 3 000 druhů v tíživé situaci. Dále se uvádí, že minimálně 122 druhů obojživelníků již vyhynulo a u 500 druhů je jejich životní prostředí ohrožováno způsobem, který nelze dostatečně rychle zastavit a vyžadují tudíž speciální ochranu. Zástupce skupiny červorů však v ČR nepotkáme. Jsou typickou skupinou tropických oblastí především Jižní Ameriky.

Ale proč bychom měli chránit obojživelníky? K čemu jsou nám dobří?

V první řadě Jsou především důležitou součástí a indikátorem zdravé přírody. Pokud tedy nalezneme obojživelníky na nějaké lokalitě v hojnějších počtech, můžeme přepokládat, že



*žába amerických indiánů*

zde je ještě svět (příroda) v pořádku. Obojživelníci jsou také významnou a nezastupitelnou složkou v potravním řetězci. Jsou významnými predátory především hmyzu, ale i sami se stávají kořistí. Jejich způsob obživy (lov hmyzu) například minimalizuje šíření nemocí, jako je malárie šířená komáry. Jsou také nadějí pro lékařskou vědu při vyvíjení nových léků. Jejich kůže totiž obsahuje látky, které je chrání před mikroby a viry. Vlastností těchto látek se snaží lékaři využít ve prospěch lidských pacientů. Posledním neméně důležitá skutečnost je výskyt žab v nejrůznějších lidských kulturách jako symbol života a štěstí (jihoameričtí indiáni).

Mezi nejčastější příčiny ohrožení obojživelníků patří ztráta jejich přirozeného prostředí. Lidé stavějí silnice a dálnice v oblastech migrace žab, vypouštějí chemické látky do přírody, intenzivně hospodaří v původních zátopových oblastech, narovnáávají koryta řek a potoků, což zabraňuje vzniku slepých ramen a mokřadů. Bohužel nejen člověk stojí proti obojživelníkům, ale i významné houbové onemocnění kůže tzv. chytridiomykóza, která ničí celé populace napříč světem. Prozatím na toto onemocnění umírá většina nakažených obojživelníků a dosud na něj není nalezen lék.



*vajíčka ropuchy obecné*

Jak tedy pomáháme obojživelníkům? V ČR jsou všichni obojživelníci chráněni zákonem a jakékoliv manipulování s nimi bez příslušného povolení může být trestáno. Jen zákon ale s tíživou situací obojživelníků nepomůže, proto dochází například k obnově vodních ekosystémů (návrat ke klikatosti potoků a řek), vyhlašování chráněných území v místě výskytu obojživelníků (Evropsky významná lokalita Blovice cihelna – kuňka

žlutobřichá, ropucha obecná, skokan ostronosý, skokan hnědý, ropucha zelená). Dalšími opatřeními, kterými se zabývají především odborníci, jsou monitoring výskytu jednotlivých druhů či reintrodukce (návrat těch, kteří tam kdysi žili, ale už nežijí) na původní místa.

## Orgánové soustavy obojživelníků

### dýchací soustava

Dýchací soustava je rozdílná u larev a dospělých jedinců. Na souši obojživelníci dýchají jednoduchými plícemi. Larvy (= pulci) žijí ve vodě a dýchají vnějšími žábry, které během vývoje přerůstají



záhybem kůže a zanikají. Současně místo nich vznikají žábry vnitřní, které mají stejnou stavbu i způsob vzniku jako žábry ryb. Dospělí jedinci obojživelníků dýchají plícemi.

Plíce obojživelníků jsou velmi jednoduché, proto je pro obojživelníky nezbytná výměna plynů kůží – tzv. kožní dýchání. Některé druhy dokonce dýchají pouze kůží a vnitřní stranou úst (skupina velemloci).

### oporná soustava

U kostry vždy převládá kost nad chrupavkou. Všichni obojživelníci mají velmi krátká žebra, která nedosahují k hrudní kosti. Proto obojživelníci nemají hrudní koš.

### trávicí soustava

V ústní dutině obojživelníků je jazyk, který je vpředu přirostlý k dolní čelisti. Jazyk je vychlípitelný a lepkavý. Slouží k lapání hmyzu, který je hlavní složkou potravy obojživelníků. Čelisti mají obojživelníci ozubené. Žáby mají zuby jen na horní čelisti. Potrava pokračuje tělem klasickým způsobem (hltan, jícen, žaludek, střevo) a ústí do kloaky. Kloaka je vakovitý orgán, do kterého ústí střevo (konečník), močová trubice a pohlavní orgány. Obojživelníci se živí hlavně hmyzem a dalšími bezobratlými, ačkoli některé druhy žerou také malé obratlovce. Většina žab loví kořist dlouhým lepkavým jazykem, který vystřelují velkou rychlostí.

### **smyslová soustava**

Nejdůležitějším smyslem dospělých obojživelníků je zrak. Druhým důležitým smyslem obojživelníků je sluch. Obojživelníkům chybí vnější ucho (nelze tahat žábu za ucho) a mají jedinou sluchovou kost – *columellu*.

### **rozmnožovací soustava**

Obojživelníci jsou gonochoristé (mají pohlaví rozděleno na samce a samice). K oplození vajíček spermiemi dochází při páření ve vodě. Poté se po několika dnech vylíhnou pulci (larvy), kteří se během několika stádií přemění (metamorfují) na dospělého obojživelníka.



## **obojživelníci žijící na území České republiky:21 druhů**

### ocasatí

#### mloci

- mlok skvrnitý

#### čolci

- čolek obecný
- čolek horský
- čolek velký
- čolek karpatský
- čolek dravý
- čolek hranatý
- čolek dunajský

### bezocasí

#### žáby

- skokan hnědý
- skokan ostronosý
- skokan štíhlý
- skokan zelený
- skokan skřehotavý
- skokan krátkonohý
- rosnička zelená
- ropucha obecná
- ropucha zelená
- ropucha krátkonohá
- kuňka obecná
- kuňka žlutobřichá
- blatnice skvrnitá

## 12. Pracovní list

### Obojživelníci pracovní list 7. A

otázky 1–3 vypracuj samostatně dle textu

#### 1) Odpověz co nejdůležitěji na otázky.

Z čeho vznikli první obojživelníci?

Jak se nazývá společný vývod trávicí, vylučovací a rozmnožovací soustavy?

Ve kterém historickém období se objevili první obojživelníci?

Jaké důvody vedly obojživelníky k přesunu na souš?

Vyjmenuj primitivní znaky obojživelníků.

Z jakého důvodu jsou obojživelníci vázáni na vodní prostředí?

Jak jsou na tom obojživelníci s teplotou těla?

Vyjmenuj nějaké evoluční novinky žab.

Co umožňuje obojživelníkům rychlý pohyb ve vodě?

Vypiš způsoby ochrany obojživelníků.

Proč jsou obojživelníci užiteční?

#### 2) Dle informací v textu doplň následující křížovku. Objasni výslednou tajenku.

1) Nejdůležitějším smyslem u žab je?

2) Jediná středoušní kůstka obojživelníků se nazývá?

3) Larvální stádium žab se nazývá?

4) Jaké houbové onemocnění postihuje obojživelníky po celém světě?

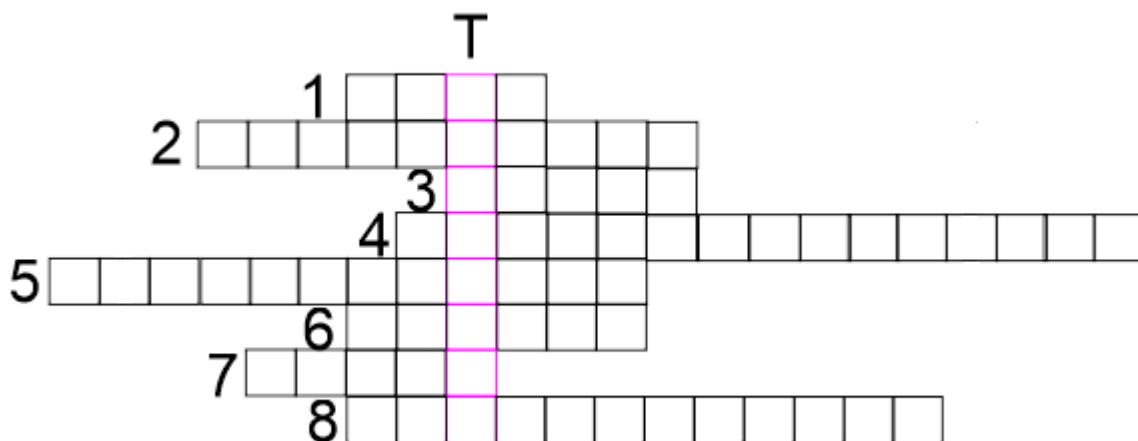
5) Obojživelníci mají pohlaví rozlišeno na samce a samice. Jsou tedy?

6) Obojživelníci se rozdělují na ocasaté (mloci a čolci) a bezocasé (červoři a .....)?

7) kolik prstů mají obvykle obojživelníci na jedné přední končetině?

8) První doložení obojživelníci byli Ichthyostega a .....?





3) Spoj jednotlivé obojživelníky se skupinou, kam patří.

ocasatí

mlok skvrnitý

rosnička zelená

ropucha obecná

cecílie mexická

bezocasí

velemlok japonský

čolek horský

pipa americká

drápatka vodní

kuňka žlutobřichá

blatnice skvrnitá

čolek obecný

skokan štíhlý

4) popiš vývoj žab (vypracuj společně s učitelem)



## Zdroje

- Abe A. & Bicudo J. (1991): *Adaptations to salinity and osmoregulation in the frog Thoropa-miliaris* (Amphibia, Leptodactylidae). – Zoologischer Anzeiger: 313-318.
- Anonymus (2018): *Yellow-bellied Toad (Bombina variegata)* - World Association of Zoos and Aquariums **WAZA**, United for Conservation, dostupné z: [www.waza.org/en/zoo/choose-a-species/amphibians/frogs-and-toads/bombina-variegata](http://www.waza.org/en/zoo/choose-a-species/amphibians/frogs-and-toads/bombina-variegata), dne: 29.07.2018
- AOPK Č. (2006): *Evropsky významné lokality v České republice*. NATURA 2000, dostupné z: [www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=1805](http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=1805), dne: 29.07.2018
- Arrow K., Bolin B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C. S., Jansson B.-O., Levin S., Mäler K.-G. & Perrings C. (1995): *Economic growth, carrying capacity, and the environment*. – Science(Washington) 268: 520-521.
- Barandun J. & Reyer H.-U. (1997a): *Reproductive ecology of Bombina variegata: development of eggs and larvae*. – Journal of Herpetology 31: 107-110.
- Barandun J. & Reyer H.-U. (1997b): *Reproductive ecology of Bombina variegata: characterisation of spawning ponds*. – Amphibia-Reptilia 18: 143-154.
- Barandun J. & Reyer H.-U. (1998): *Reproductive ecology of Bombina variegata: habitat use*. – Copeia 1998: 497-500.
- Barandun J., Reyer H.-U. & Anholt B. (1997a): *Reproductive ecology of Bombina variegata: aspects of life history*. – Amphibia-Reptilia 18: 347-355.
- Barandun J., Reyer H. & Anholt B. (1997b): *Reproductive ecology of Bombina variegata : aspects of life history*. – Zurich Open Repository and Archive: 17.
- Baruš V. & Oliva O. (1992): *Obojživelníci - Amphibia*. – Academia. ISBN 978-80-200-0433-8
- Canessa S., Oneto F., Ottonello D., Arillo A. & Salvidio S. (2013): *Land abandonment may reduce disturbance and affect the breeding sites of an endangered amphibian in northern Italy*. – Oryx 47: 280-287.
- Clarke B. (1997): *The natural history of amphibian skin secretions, their normal functioning and potential medical applications*. – In Biological Reviews, pp. 365-379.
- Cloudsley-Thomson J. (1988): *Migrace zvířat*. – Albatros, pp. 125. ISBN 13-764-88
- Covaciu-Marcov S., Ferenti S., Citrea L., Cupsa D. & Condure N. (2010): *Food composition of three Bombina variegata populations from Vâlsan River Protected Natural Area (Oradea, Romania)*. – BIHAREAN BIOLOGIST 3.
- Cruz-Elizalde R., Ramírez-Bautista A., Hernández-Ibarra X. & Wilson L. D. (2016): *Species Diversity of Amphibians from Arid and Semiarid Environments of the Real de Guadalcázar State Reserve, San Luis Potosí, Mexico*. – Natural areas journal 36: 302-309.
- Čihař J. (1987): *Obojživelníci a plazi: Katalog k expozici zoologického oddělení Národního muzea v Praze*. – (muzeum, N., ed.). Praha: Národní muzeum.

- Dáňa M. (2016): *Populační dynamika kuňky žlutobřiché (bombina variegata) v EVL Blovice - bakalářská práce.* – Západočeská univerzita v Plzni, Pedagogická fakulta. Plzeň.
- Dayton G. H. & Fitzgerald L. A. (2006): *Habitat suitability models for desert amphibians.* – Biological Conservation 132: 40-49.
- Denoël M. (2004): *Distribution and characteristics of aquatic habitats of newts and Yellow-bellied Toads in the district of Ioannina (Epirus, Greece).* – HERPETOZOA 17(1/2): 49 – 64.
- Di Cerbo A. R. & Biancardi C. M. (2001): *New life for old specimens: studies on yellow-bellied toad collections.* – Museologia Scientifica Memorie 11(2014): 77 – 80.
- Diesener G. (2003): *Obojživelníci a plazi.* –, p. 160: Praha: Knižní klub. ISBN 80-7202-098-6
- Dino M., Milesi S. & Di cerbo A. (2011): *A long term study on Bombina variegata (Anura: Bombinatoridae) in the „Parco dei Colle di Bergamo“ (North – western Lombardy).* – Atti VIII Congresso Nazionale SHI (Chieti, 22 – 26 settembre 2010). 2010: 231.
- Dittrich C., Drakulić S., Schellenberg M., Thein J. & Rödel M.-O. (2016): *Some like it hot? Developmental differences in Yellow-bellied Toad (Bombina variegata) tadpoles from geographically close but different habitats.* – Canadian Journal of Zoology 94: 69-77.
- Dungel J. & Řehák Z. (2011): *Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky.* – Academia Praha, 181 pp. ISBN 80-200-1282-6
- Fokt M. (2008): *Chováme obojživelníky.* – Grada, Praha, 141 pp. Průvodce chovatele. ISBN 978-80-247-2162-0
- Frick C. (2002): *Zur Bestandssituation der Gelbbauchunke, Bombina v. variegata (LINNAEUS, 1758), im Dunkelsteinerwald (Niederösterreich) (Anura: Discoglossidae).* – HERPETOZOA: 15(1/2): 51 – 62.
- Garner T. W. J., Perkins W. M., Govindarajulu P., Seglie D., Walker S., Cunningham A. A. & Fisher C. M. (2006): *The emerging amphibian pathogen Batrachochytrium dendrobatidis globally infects introduced populations of the North American bullfrog, Rana catesbeiana.* – Biology letters 2: 455 - 459.
- Gerhatova K. (2013): *Water as Habitat of Amphibians.* – Životne prostredie 47 (3): 175-179.
- Gollmann G., Roth P. & Híjdľ W. (1988): *Hybridization between the fire-bellied toads Bombina bombina and Bombina variegata in the karst regions of Slovakia and Hungary: morphological and allozyme evidence.* – Journal of Evolutionary Biology 1(1): 3 – 14.
- Gordon M. S. & Vance T. (1965): *Osmotic regulation in the tadpoles of the crab-eating frog (Rana cancrivora).* – Journal of Experimental Biology 42: 437-445.
- Hanzák J. (1969): *Světlem zvířat IV. díl Pláštěnci, bezlebeční, ryby, obojživelníci a plazi.* – Albatros Praha, 615 pp.

- Hartel T. (2008): *Movement activity in a Bombina variegata population from a deciduous forested landscape*. – North-Western Journal of Zoology 4 (1): 79 - 90.
- Hartel T., Bancila R. & COGĂLNICEANU D. (2011): *Spatial and temporal variability of aquatic habitat use by amphibians in a hydrologically modified landscape*. – Freshwater Biology 56 (11): 2288-2298.
- Hartel T., Nemes S. & Mara G. (2007): *Breeding phenology and spatio-temporal dynamics of pond use by the yellow-bellied toad (Bombina variegata) population: the importance of pond availability and duration*. – Acta Zoologica Lituanica 17: 56-63.
- Hopkins G. R. & Brodie Jr E. D. (2015): *Occurrence of amphibians in saline habitats: a review and evolutionary perspective*. – Herpetological Monographs 29: 1-27.
- Hudáková E. (2013): *Vlivy lidských aktivit na výskyt a početnost obojživelníků (Amphibia) na vybraných lokalitách Vyškovska*. Diplomová práce. – Mendelova univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrologie a včelařství. Brno: 95.
- Chobot K. & Němec M. (2017): *Červený seznam ohrožených druhů České republiky Obratlovci*. – AOPK ČR, Praha.
- Jablonski D., Vlček, P., (2012): *A record of Pelophylax esculentus attack on Bombina variegata*. – Herpetology Notes 5: 503-505.
- Janoušková L., Boušová M., Kašparová M. & Vlček J. (2009): *Obojživelníci a plazi Plzeňského kraje*. – Krajský úřad Plzeňského kraje, Plzeň, 42 pp.
- Kohler G. (2002): *Nemoci obojživelníků a plazů*. – Albatros Praha, 168 pp. ISBN 80-209-0303-8
- Kolář F., Matějů J., Lučanová M., Chlumská Z., Černá K., Prach J., Baláž V. & Falteisek L. (2012): *Ochrana přírody z pohledu biologa*. – Dokořán, Praha, 213 pp.
- Kostkan V., Mazalová, M., Merta, L., (2013): *Ochrana a praktický management živočichů v České republice*. – Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 140 pp.
- Kroese A. B., Van der Zalm J. M. & Van den Bercken J. (1978): *Frequency response of the lateral-line organ of Xenopus laevis*. – Pfluegers Archiv 375: 167-175.
- Lacy R. & Kelly J. (2017): *Vortex* -Chicago Zoological Society / IUCN/SSC Conservation Planning Specialist Group, Chicago, dostupné z: [www.vortex10.org/Vortex10.aspx](http://www.vortex10.org/Vortex10.aspx), dne: 28.07.2018
- Lacy R. C. (1993): *VORTEX: a computer simulation model for population viability analysis*. – Wildlife research 20: 45-65.
- Mahon R. & Aiken K. (1977): *The Establishment of the North American Bullfrog, Rana Catesbiana (Amphibia, Anura, Ranidae) in Jamaica*. – Journal of Herpetology 11: 197-199.
- Machar I., Kovaříková D., Poprach A. & Filipková J. (2014): *Mokřadní ekosystémy*. – Univerzita Palackého v Olomouci Pedagogická fakulta, Olomouc, 137 pp.

- Marenah L., Flatt P. R., Orr D. F., McClean S., Shaw C. & Abdel-Wahab Y. H. (2004): *Skin secretion of the toad Bombina variegata contains multiple insulin-releasing peptides including bombesin and entirely novel insulinotropic structures.* – Biological chemistry 385: 315-321.
- Maštera J., Mašterová, A. (2017): *Obojživelníci Vysočiny.* – Jihlava, 64 pp. ISBN 978-80-88242-02-4
- Maštera J., Zavadil V. & Dvořák J. (2015): *Vajíčka a larvy obojživelníků České republiky.* – Academia, Praha, 178 pp. ISBN 978-80-200-2399-5
- Matějka K. (2013): *Vývoj teplot a srážek v ČR od roku 1961.* – dostupné na: <http://www.infodatasys.cz/climate/KlimaCR1961.htm>.
- Matějů J., Zavadil V., Tájek P., Musilová R. & Melichar V. (2014): *Obojživelníci a plazi Karlovarského kraje.* – Albatros, Praha, 135 pp. ISBN 978-80-88017-11-0
- Miko L., Hošek, M. (2009): *Příroda a krajina České republiky.* – Albatros, Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 102 pp. ISBN 978-80-87051-70-2
- Moravec J. (1999): *Svět zvířat VII. Obojživelníci, plazi.* p. 183. Praha: Albatros Praha. ISBN 80-00-00719-3
- Pahl-Wostl C. (2007): *Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change.* – Water resources management 21: 49-62.
- Plytycz B. & Bigaj J. (1993): *Studies on the growth and longevity of the yellow-bellied toad, Bombina variegata, in natural environments.* – Amphibia-Reptilia 14: 35-44.
- Primus J. (2013): *Dispersal and migration in yellow-bellied toads, Bombina variegata.* –AV Akademikerverlag. Universität Wien, Fakultät für Lebenswissenschaften. BetreuerIn: Gollmann, Günter. ID 28626.
- Seidel B. (1999): *Water-wave communication between territorial male Bombina variegata.* – Journal of Herpetology: 457-462.
- Shine B. R. (2010): *The Ecological Impact of Invasive Cane Toads (Bufo Marinus) in Australia.* – The Quarterly Review of Biology 85: 253-291.
- Schaffer W. M. (1974): *Selection for Optimal Life Histories: The Effects of Age Structure.* – Ecology: 291-303.
- Sklenář J., Roček, B. (1979): *Zoogeografie obojživelníků a plazů východních Čech.* – Krajské muzeum východních Čech v Hradci Králové., 64 pp.
- Tanadini L. G. & Schmidt B. R. (2011): *Population size influences amphibian detection probability: implications for biodiversity monitoring programs.* – PLoS One 6: e28244.
- Tichotová P. (2006): *Průvodce ochranou životního prostředí.* – ISV, Praha, 360 pp. ISBN 978-80-85866-38-4
- Vackar D. (2005): *Ukazatele zmen biodiverzity.* – Academia, Praha, pp.298. ISBN 80-200-1386-5

- Vlach P., Karličková K. & Kolářová M. (2013): *Populační dynamika kuňky žlutobřiché (Bombina variegata) v EVL Blovice*. – Erica: 13.
- Zavadil V., Sádlo J. & Vojar J. (2011): *Biotopy našich obojživelníků a jejich management*. – AOPK ČR, Praha, 178 pp. ISBN 978-80-87457-18-4
- Zavadil Vít (2008): *Obojživelníci - kuňka žlutobřichá Bombina variegata*. – In *Zásady managementu stanovišť druhů v evropsky významných lokalitách soustavy NATURA 2000* (Zavadil Vít, ed.), p. 163. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Zwach I. (1990): *Naši obojživelníci a plazi ve fotografii*. – Státní zemědělské nakladatelství. 140 pp. ISBN 80-209-0053-5
- Zwach I. (2009): *Obojživelníci a plazi České republiky*. – Grada publishing as, 496 pp. ISBN 978-80-247-2509-3

### **Software vortex**

- Lacy, R.C., and J.P. Pollak. 2014. *Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Version 10.0*. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.